BA	12	**KBME 2112**	

BUKU I BAHAN AJAR

MODUL II SISTEM HIDROLIK

Penyusuan Bahan Ajar Dalam Kurikulum Berbasis Kompetensi (Kurikulum 2007) ini dibiayai dari DIPA Politeknik Negeri Bandung
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun Anggaran 2012

Disusun Oleh :
Budi Triyono, SST., MT
NIP : 197704092003121001

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
2012

HALAMAN PENGESAHAN

1. Identitas Bahan Ajar

a. Judul Bahan Ajar	:	MODUL II SISTEM HIDROLIK
b. Mata Kuliah / Semester	:	Pneumatik dan Hidrolik / IV
c. SKS (T-P) /Jam (T-P)	:	1-1 (2-3)
d. Jurusan	:	Teknik Mesin
e. Program Studi	:	Teknik Mesin
e. Nomor Kode Mata Kuliah	:	KBME-2112

2. Penulis

a. Nama	:	Budi Triyono, SST., MT
b. NIP	:	197704092003121001
c. Pangkat / Golongan	:	III/C
d. Jabatan Fungsional	:	Lektor
e. Program Studi	:	Teknik Mesin
f. Jurusan	:	Teknik Mesin

Bandung, 19 November 2012

Mengetahui,
Ketua KBK

Adri Maldi S., M.Sc.
NIP. 196303291994031002

Penulis,

Budi Triyono, SST., MT
NIP. 197704092003121001

Menyetujui,
Ketua Jurusan / Program Studi

Ali Mahmudi, M.Sc.
NIP. 195806061990031001

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR v

DESKRIPSI MATA KULIAH 1

CARA PENGGUNAAN 1

BAB I 2

PENGETAHUAN DASAR HIDROLIK 2

1.1 Parameter Hidrolik 2

1.1.1 Tekanan 2

1.1.2 Debit 3

1.1.3 *Head Lose* 3

1.2 Hukum Pascal 4

1.3 Hukum Kontinuitas 5

1.4 Hukum Bernouli 5

1.5 Jenis Aliran 6

1.6 Kavitasi 7

BAB II 8

PENGANTAR SISTEM HIDROLIK 8

2.1 Sistem Hidrolik 8

2.2 Circuit Diagram 11

2.3 Komponen Utama Sistem Hidrolik 13

2.3.1 Power Supply 13

2.3.2 *Fluida Hidrolik* 14

2.3.3 *Katup* 14

2.3.4 *Silinder (Aktuator linear)* 15

2.4 Simbol Komponen Sistem Hidrolik 16

2.4.1 *Pompa dan Motor Hidrolik* 16

2.4.2 *Katup Kontrol Arah* 17

2.4.3 *Metoda Aktuasi* 18

2.4.4 *Katup Tekanan (Pressure Valve)* 19

2.4.5 *Katup Kontrol Aliran* 20

2.4.6 Katup Satu Arah (Non-Return Valve) 21

2.4.7 Silinder 21

2.4.8 Pemindah Energi dan Penyalur Tekanan 23
2.4.9 Alat Ukur 23
2.4.10 Peralatan Kombinasi 24
BAB III 25
POWER SUPPLY HIDROLIK 25
3.1 Penggerak mula 25
3.2 Pompa 25
3.2.1 Volume Kerja 27
3.2.2 Tekanan Operasi 27
3.2.3 Kecepatan Putar 28
3.2.4 Efisiensi 28
3.3 Pressure Relief Valve 30
3.4 Kopling 30
3.5 Tangki 30
3.6 Filter 31
3.7 Pendingin 32
3.8 Pemanas 33
3.9 Akumulator 34
3.9.1 Pneumatic Accumulator (Gas Loaded) 35
3.9.2 Weight Loaded 35
3.9.3 Spring Loaded Accumulator 36
BAB IV 37
KATUP HIDROLIK 37
4.1 Katup Tekanan 37
4.1.1 Pressure Relief Valve 38
4.1.2 Pressure Regulator 39
4.2 Katup Kontrol Arah 41
4.2.1 2/2-Way Valve 42
4.2.2 3/2-Way Valve 43
4.2.3 4/2-Way Valve 44
4.2.4 4/3-Way Valve 45
4.3 Katup Kontrol Aliran 47
4.3.1 Katup Restrictor dan Orifice 47
4.3.2 One-Way Flow Control Valve 48
4.4 Katup Satu Arah (Non-Return Valve) 49
4.4.1 Spring Loaded Non-Return Valve 50
4.4.2 Piloted Non-Return Valve 52
4.4.3 Pilot double non-return valve 54
BAB V 56
AKTUATOR HIDROLIK 56

5.1 Silinder Hidrolik 56
5.1.1 Silinder Kerja Tunggal 56
5.1.2 Silinder Kerja Ganda 58
5.1.3 Seal 59
5.1.4 Pemasangan Silinder 60
5.1.5 Perhitungan Silinder 61
5.2 Motor Hidrolik 65
BAB VI 67
FLUIDA DAN AKSESORIS HIDROLIK 67
6.1 Fluida Hidrolik 67
6.1.1 Fungsi Fluida Hidrolik 67
6.1.2 Karakteristik Fluida Hidrolik 68
6.1.3 Tipe Fluida Hidrolik 68
6.1.4 Viskositas 70
6.1.5 Indeks Viskositas 71
6.2 Aksesoris Hidrolik 72
6.2.1 Flexible Hoses 73
6.2.2 Saluran Pipa 75
6.2.3 Bleed Valves 77
6.2.4 Pressure Gauges 78
REFERENSI 80
GBPP (Garis-garis Besar Program Pengajaran) 81
SAP (Satuan Acara Perkuliahan) 82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Tekanan 3
Gambar 2. Ilustrasi debit 3
Gambar 3. Hukum kontinuitas 5
Gambar 4. Jenis aliran fluida 6
Gambar 5. Kavitasi 7
Gambar 6. Aplikasi sistem hidrolik di mesin CNC 9
Gambar 7. Excavator 9
Gambar 8. Sistem hidrolik 10
Gambar 9. Circuit diagram 11
Gambar 10. Circuit diagram dengan data spesifikasi komponen 13
Gambar 11. Katup Kontrol Arah 14
Gambar 12. Katup Tekanan 14
Gambar 13. Katup kontrol aliran 15
Gambar 14. Katup Satu Arah 15
Gambar 15. Silinder kerja ganda 16
Gambar 16. Simbol pompa dan motor hidrolik 17
Gambar 17. Simbol dan Penamaan Katup Kontrol Arah 18
Gambar 18. Aktuasi Mekanik 18
Gambar 19. Aktuasi Mekanik (Continuation) 19
Gambar 20. General Symbol 19
Gambar 21. Simbol Katup Tekanan, Normally Open dan Normally Close 19
Gambar 22. Simbol *Set Pressure Valve* dan *Adjustable Pressure Valve* 20
Gambar 23. Simbol *Pressure Relief Valve* dan *Pressure Regulator* 20
Gambar 24. Simbol Katup kontrol Aliran 20
Gambar 25. Katup Satu Arah 21
Gambar 26. Shut Off Valve dan pilot-controlled non-return valve 21
Gambar 27. Simbol Silinder Kerja Tunggal 22
Gambar 28. Simbol Silinder Kerja Ganda 22
Gambar 29. Simbol Pemindah energi dan Penyalur Tekanan 23
Gambar 30. Simbol Alat Ukur 24
Gambar 31. Simbol Hydraulic Power Pack dan Pilot-Operate Double Non Return Valve24

Gambar 32. Klasifikasi pompa hidraulik 26
Gambar 33. Head statik 26
Gambar 34. Karakteristik head lose 27
Gambar 35. Tekanan operasi 28
Gambar 36. Kurva karakteristik pompa 29
Gambar 37. Konstruksi Reservoar 31
Gambar 38. Pengaruh kotoran 32
Gambar 39. Pendingin Udara 33
Gambar 40. Pendingin air 33
Gambar 41. Pemanas 34
Gambar 42. Konstruksi akumulator 34
Gambar 43. PneumaticAccumulator 35
Gambar 44. Weight loaded accumulator 36
Gambar 45. Spring loaded accumulator 36
Gambar 46. Simbol-simbol katup tekanan 37
Gambar 47. Pressure relive valve 38
Gambar 48. Pressure relieve valve with cushioning 39
Gambar 49. 2-way pressure regulator 40
Gambar 50. Pemasalahan 2-way pressure regulator 40
Gambar 51. 2-way pressure regulator dan pressure relief valve 41
Gambar 52. Konstruksi 3-pressure regulator 41
Gambar 53. Simbol dan Konstruksi Katup 2/2 Way Valve 42
Gambar 54. Aplikasi 2/2-way valve 43
Gambar 55. 3/2-way valve 43
Gambar 56. Konstruksi 3/2-way valve 43
Gambar 57. Aplikasi 3/2-way valve 44
Gambar 58. Konstruksi 4/2-way valve 44
Gambar 59. Aplikasi 4/2-way valve 45
Gambar 60. Jenis 4/3-way valve 45
Gambar 61. Konstruksi 4/3-way valve 46
Gambar 62. Aplikasi 4/3-way valve 46
Gambar 63. Klasifikasi katup kontrol aliran 47
Gambar 64. Restrictor dan orifice 47
Gambar 65. Konstruksi one way flow control 49
Gambar 66. Jenis katup satu arah 50
Gambar 67. Konstruksi spring loaded non-return valve 50

Gambar 68. Aplikasi spring loaded non-return valve 51
Gambar 69. Aplikasi spring loaded non-return valve 52
Gambar 70. Konstruksi piloted non-return valve 53
Gambar 71. Cara kerja piloted non-return valve 53
Gambar 72. contoh diagram sistem hidrolik pilot double non-return valve 54
Gambar 73. Scissor lifting table 57
Gambar 74. Cara kerja silinder kerja tunggal 57
Gambar 75. Cara kerja silinder kerja ganda 58
Gambar 76. Jenis silinder kerja ganda 59
Gambar 77. Cylinder seal 60
Gambar 78. Macam-macam pemasangan silinder 61
Gambar 79. Lifting device 63
Gambar 80. Klasifikasi motor hidrolik 65
Gambar 81. Hubungan antara temperatur dan viskositas 72
Gambar 82. Konstruksi flexible hoses 74
Gambar 83. Aturan dasar pemasangan flexible hoses 74
Gambar 84. Hoses connector 75
Gambar 85. Quick release coupling 75
Gambar 86. Screwed pipe joint 76
Gambar 87. Flange connection 77
Gambar 88. Automatic bleed valve 78

DESKRIPSI MATA KULIAH

Nama Mata Kuliah	:	Pneumatik dan Hidrolik
Kode Mata Kuliah / SKS	:	KBME / 2 SKS
Semester	:	IV
Mata Kuliah Prasyarat	:	Mekanika Fluida
Jumlah Jam Perminggu	:	5 Jam
Mata kuliah yang ditunjang	:	Mekatronika Alat Berat

Ringkasan Mata Kuliah :

Pembahasan mata kuliah **Hidrolik** menitikberatkan pada penjelasan tentang prinsip kerja, komponen utama dan fungsinya, aplikasi dan melakukan latihan-latihan untuk merancang dan mengoperasikan sistem hidrolik. Pembahasan tentang prinsip kerja meliputi penjelasan tentang hukum-hukum dasar yang mendukung perancangan sistem hidrolik antara lain hukum Pascal, kontinuitas dan Bernoulli serta persamaan-persamaan dan fenomena lain yang berkaitan dengan topik aliran di dalam pipa seperti head loss, kavitasi, dan lain sebagainya.

Pada mata kuliah ini juga akan dijelaskan tentang komponen utama sistem hidrolik dan fungsinya, meliputi pompa, katup kontrol tekanan, katup kontrol arah, katup kontrol aliran, katup non return, akumulator, aktuator hidrolik, filter, heater/cooler, dan lain-lain. Selain secara teoritis, penjelasan fungsi komponen juga dilakukan melalui praktikum dengan harapan agar mahasiswa memiliki pengalaman praktis sehingga meningkatkan pemahaman mereka tentang fungsi setiap komponen hidrolik.

Setelah memahami fungsi setiap komponen, sasaran dari perkuliahan adalah mahasiswa mampu untuk melakukan perancangan sistem hidrolik yang meliputi kemampuan untuk mengidentifikasi kebutuhan, perhitungan dan pemilihan komponen hidrolik serta mampu merancang sistem hidrolik yang tepat dan dapat merealisasikan atau menginstalasinya melalui kegiatan praktikum.

Kompetensi yang dituju :

Mahasiswa memiliki pengetahuan tentang konsep sistem elektrohidrolik dan memahami kelebihan dan kelemahannya, serta dapat merancang sistem elektrohidrolik dan dapat melakukan instalasi, operasi dan *troubleshooting*.

Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) :

Membekali mahasiswa dengan pengetahuan tentang cara kerja / prinsip kerja dan aplikasi sistem hidrolik, cara kerja dan fungsi komponen, perhitungan dan pemilihan komponen hidrolik, perancangan rangkaian sistem hidrolik dengan kontrol elektrik sehingga mahasiswa mampu untuk melakukan instalasi, operasi dan troubleshooting sistem elektrohidrolik.

Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) :

1. Memberikan pengetahuan tentang prinsip kerja sistem hidrolik, aplikasi dan teori/persamaan pendukungnya.
2. Memberikan pengetahuan tentang fungsi dan prinsip kerja komponen utama sistem hidrolik yang meliputi pompa, pressure regulator/katup kontrol tekanan, katup kontrol arah, katup kontrol aliran, katup non return, akumulator dan aktuator hidrolik.
3. Memberikan pengetahuan tentang cara perhitungan dan pemilihan komponen sistem hidrolik serta mampu merancang sistem hidrolik yang tepat sesuai dengan kebutuhan dalam bentuk schematic diagram sesuai standar
4. Memberikan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa dalam melakukan instalasi, pengoperasian dan troubleshooting sistem hidrolik berdasarkan schematic diagram melalui latihan-latihan dan kegiatan praktikum

CARA PENGGUNAAN

Mata kuliah Pneumatik dan Hidrolik merupakan salah satu mata kuliah yang menjadi cirri khas Politeknik yang merupakan kombinasi antara teori dan praktek. Dalam satu semester, kelas akan dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok seksi pneumatik dan kelompok seksi hidrolik yang masing-masing kelompok maksimum terdiri dari 16 orang mahasiswa.

Setiap grup akan mempelajari sistem pneumatik selama setengah semester, sementara kelompok lainnya mempelajari sistem hidrolik. Evaluasi teori dilakukan pada saat UTS, sedangkan evaluasi praktek langsung dilaksanakan pada saat praktikum. Setelah UTS, kedua kelompok tersebut akan bertukar tempat, dimana kelompok yang sebelum UTS mempelajari sistem pneumatik maka setelah UTS berganti mempelajari sistem hidrolik dan demikian pula sebaliknya.

Buku ini merupakan buku ajar yang dapat dijadikan sebagai buku pegangan untuk kelompok seksi hidrolik yang diharapkan dapat memberikan bekal pengetahuan dalam memahami karakteristik sistem hidrolik sebelum melaksanakan kegiatan praktikum. Pembahasan buku ini belum membahas mengenai kontrol elektrik namun masih menitikberatkan pada sistem hidrolik saja.

BAB I
PENGETAHUAN DASAR HIDROLIK

Tujuan Pembelajaran Umum

1. Menjelaskan tentang hukum atau persamaan dan parameter yang berkaitan dengan sistem hidrolik

Tujuan Pembelajaran Khusus

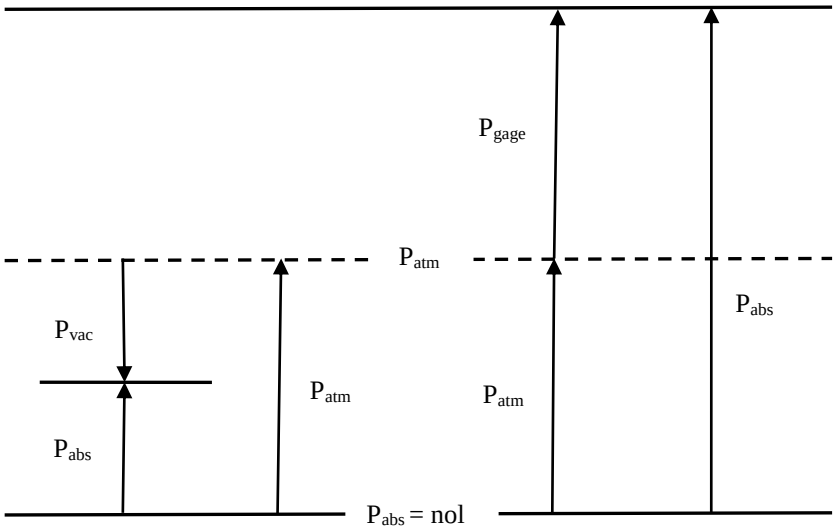
1. Menjeslakan definisi dari beberapa parameter hidrolik yaitu tekanan, debit dan *head loses*
2. Menjelaskan beberapa hukum atau persamaan yang berkaitan dengan perancangan sistem hidrolik, yaitu hukum Pascal, hokum kontinuitas dan hukum Bernoulli
3. Menjelaskan tentang jenis aliran dan kavitasi

1.1 Parameter Hidrolik

Pada sistem hidrolik terdapat beberapa parameter yang harus dipahami terlebih dahulu karena parameter tersebut dapat membantu pemahaman dalam mempelajari sistem hidrolik. Adapun parameter-parameter tersebut adalah tekanan, debit aliran dan *head loses*.

1.1.1 Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja per satuan luas. Tekanan memiliki beberapa istilah yang penting untuk diketahui, yaitu tekanan atmosfer (P_{atm}), tekanan terukur (P_{gage}), tekanan vakum (P_{vacum}), dan tekanan absolut (P_{abs}). Tekanan-tekanan tersebut memiliki hubungan yang ditunjukan oleh diagram tekanan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Tekanan

1.1.2 Debit

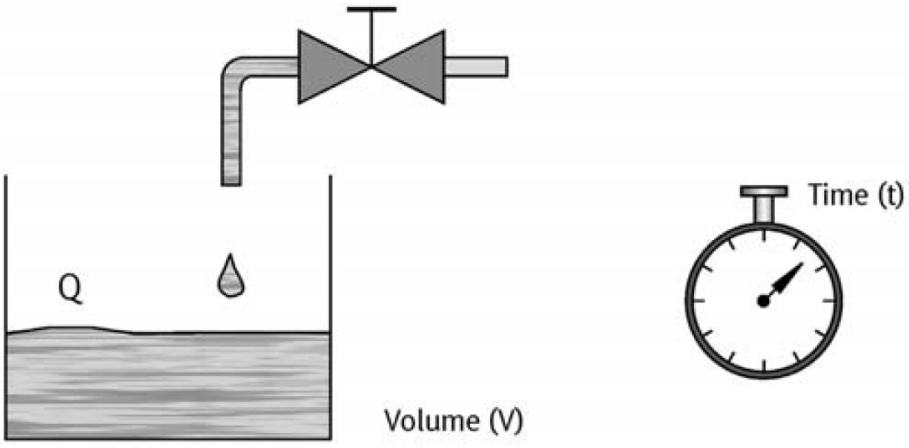
Debit adalah suatu besaran yang menunjukan volume fluida yang mengalir per satuan waktu. Pada sistem hidrolik, debit disimbolkan dengan huruf Q dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = Debit (m^3/s)

V = Volume (m^3)

T = Waktu (s)



Gambar 2. Ilustrasi debit

1.1.3 *Head Lose*

Sistem hidrolik tidak akan terlepas dari penggunaan pipa, katup dan sambungan-sambungan yang dapat menimbulkan kerugian tekanan atau head. Secara umum, kerugian tekanan tersebut dapat dikelompokan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Kerugian head mayor (h_f) adalah kerugian head yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi di sepanjang pipa aliran. Kerugian ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$h_f = \frac{f \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h_f : Kerugian head mayor (m)

f : Koefisien gesek pipa

l : Panjang pipa (m)

d : Diameter pipa (m)

v : Kecepatan fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

2. Kerugian head minor (h_m) adalah kerugian head yang disebabkan oleh separasi yang terjadi di dalam sambungan. Separasi adalah proses terpisahnya aliran fluida dari lapisannya, sehingga lapisan-lapisan aliran fluida tidak lagi mempunyai arah alir yang sama. Kerugian head minor dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$h_m = \Sigma k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h_m : Kerugian head minor (m)

Σk : Faktor sambungan total

v : Kecepatan fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

1.2 Hukum Pascal

Hukum Pascal dapat menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di sistem hidrolik. Hukum Pascal menyatakan bahwa "Tekanan yang bekerja pada suatu zat cair pada ruangan tertutup, akan diteruskan ke segala arah dan menekan dengan gaya yang sama pada luas area yang sama", sehingga gaya yang bekerja di setiap bagian dari sistem hidrolik akan meneruskan tekanan yang sama ke segala arah di dalam sistem.

Berdasarkan hukum Pascal, jika sebuah gaya F bekerja pada fluida tertutup melalui suatu permukaan A, maka akan terjadi tekanan pada fluida. Pernyataan tersebut dapat dituliskan menjadi persamaan berikut ini:

$$P = \frac{F}{A}$$

P : Tekanan (N/m^2)

F : Gaya (N)

A : Luas pemukaan (m^2)

1.3 Hukum Kontinuitas

Hukum kontinuitas merupakan ekspresi dari hukum kekekalan massa. Hukum ini menyatakan bahwa massa (pada aliran steady dan tidak termampatkan) yang memasuki volume kontrol per satuan waktu sama dengan massa yang keluar dari volume kontrol per satuan waktu. Pernyataan tersebut dapat dituliskan menjadi persamaan berikut ini:

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$$

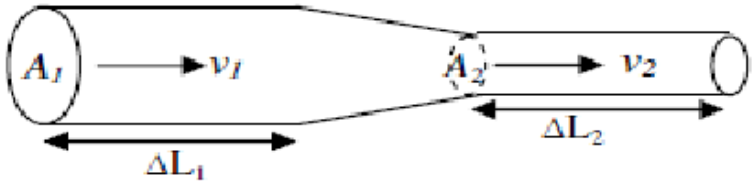
$$\rho_{in} \cdot \frac{V_{in}}{t_{in}} = \rho_{out} \cdot \frac{V_{out}}{t_{out}}$$

$$\rho_{in} \cdot Q_{in} = \rho_{out} \cdot Q_{out}$$

Pada fluida inkompressible, $\rho_{in} = \rho_{out}$, sehingga diperoleh persamaan kontinuitas:

$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$A_{in} \cdot v_{in} = A_{out} \cdot v_{out}$$



Gambar 3. Hukum kontinuitas

1.4 Hukum Bernouli

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, namun dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lain. Energi yang ditunjukan dari persamaan energi total di atas atau dikenal sebagai head pada suatu titik dalam aliran steady adalah sama dengan total energi pada titik lain sepanjang aliran fluida tersebut. Hal ini berlaku selama tidak ada energi yang ditambahkan ke fluida atau diambil dari fluida.

Konsep hukum kekekalan energi dinyatakan ke dalam bentuk persamaan yang disebut dengan persamaan Bernoulli, yaitu:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{{v_1}^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{{v_2}^2}{2g} + z_2$$

p_1 dan p_2 : tekanan pada titik 1 dan 2

v_1 dan v_2 : kecepatan aliran pada titik 1 dan 2

γ : berat jenis fluida

g : percepatan gravitasi

1.5 Jenis Aliran

Aliran fluida yang mengalir di dalam pipa dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe aliran, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar adalah aliran yang partikel fluidanya bergerak mengikuti garis lurus yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan yang sama. Sedangkan aliran turbulen adalah aliran yang partikel fluidanya bergerak mengikuti lintasan sembarang di sepanjang pipa dan hanya gerakan rata-ratanya saja yang mengikuti sumbu pipa.

Dari hasil eksperimen diperoleh bahwa koefisien gesekan untuk pipa silindris merupakan fungsi dari bilangan Reynold (Re). Dalam menganalisa aliran di dalam saluran tertutup, sangatlah penting untuk mengetahui tipe aliran yang mengalir dalam pipa tersebut. Oleh karena itu, perhitungan bilangan Reynold harus dilakukan dengan mengetahui parameter-parameter yang diketahui besarnya. Adapun persamaan untuk memperoleh harga bilangan Reynold adalah sebagai berikut:

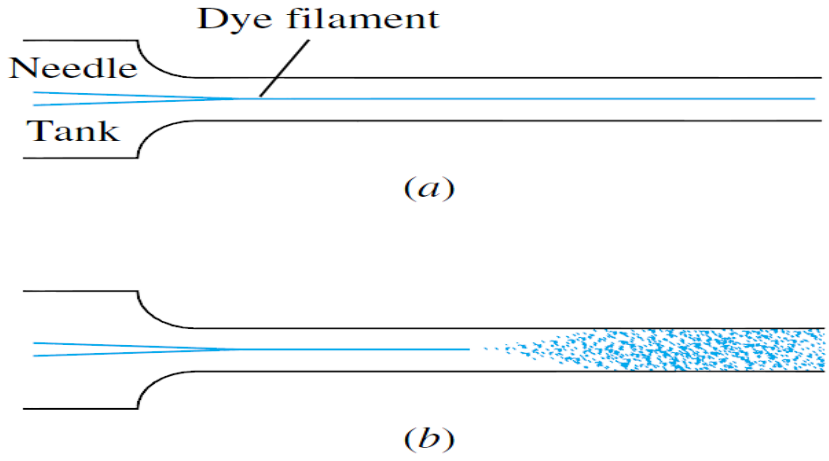
$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

Re : Bilangan Reynold
ρ : Masa jenis fluida (kg/m^3)
v : Kecepatan rata-rata (m/s)
d : Diameter pipa (m)
μ : Viskositas kinematik (m^2/s)

Karena viskositas dinamik dibagi dengan massa jenis fluida merupakan viskositas kinematik maka bilangan Reynold dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\upsilon}$$

Berdasarkan bilangan Reynold tersebut, tipe aliran fluida dapat diketahui. Aliran laminar adalah aliran yang memiliki bilangan Reynold Re< 2000, sedangkan aliran turbulen adalah aliran yang memiliki bilangan Reynold Re > 4000. Aliran yang memiliki bilangan Reynold 2000 < Re <4000 disebut dengan aliran transisi.

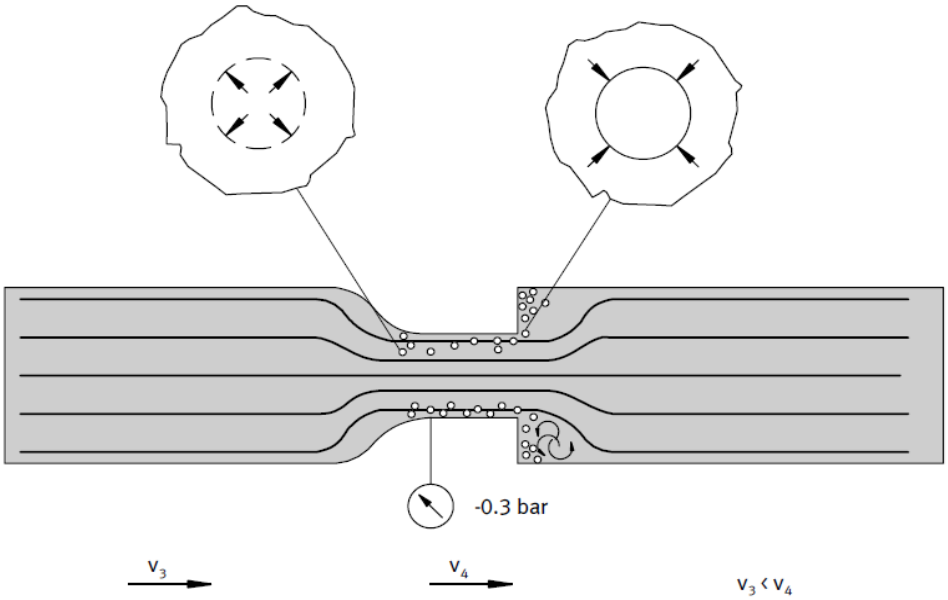


Gambar 4. Jenis aliran fluida

1.6 Kavitasi

Kavitasi adalah peristiwa menguapnya zat cair yang sedang mengalir karena penurunan tekanan hingga di bawah tekanan uap jenuhnya. Peristiwa ini dapat menyebabkan terlepasnya partikel kecil dari permukaan material, menghasilkan getaran, menimbulkan kebisingan, melemahnya aliran dan mengurangi efisiensi.

Kavitasi dapat terjadi pada daerah yang alirannya berkecepatan tinggi atau bertekanan rendah, biasanya terjadi di sisi isap pompa dan katup-katup. Pada umumnya, daerah berkecepatan tinggi merupakan daerah penyempitan, dimana terjadi perubahan energi tekanan menjadi energi kecepatan. Kondisi ini mengakibatkan penurunan tekanan hingga mencapai kevakuman. Kevakuman tersebut dapat mengendapkan udara yang terlarut, sehingga membentuk gelembung yang jika terbawa ke daerah bertekanan tinggi, maka fluida hidrolik dapat menyebabkan gelembung tersebut pecah.



Gambar 5. Kavitasi

BAB II
PENGANTAR SISTEM HIDROLIK

Tujuan Pembelajaran Umum

1. Menjelaskan secara singkat konsep sistem hidrolik berupa penjelasan tentang simbol dan fungsi komponen-komponen utama sistem hidrolik.

Tujuan Pembelajaran Khusus

1. Memberikan pengetahuan tentang kelebihan dan kelemahan serta aplikasi sistem hidrolik
2. Memberikan gambaran singkat mengenai cara kerja sistem hidrolik dan fungsi dari beberapa komponen utama sistem hidrolik serta simbol-simbolnya.

2.1 Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik adalah suatu sistem yang mengunakan fluida bertekanan untuk mentransmisikan daya antara tempat dimana daya tersebut dihasilkan ke suatu titik / tempat dimana gaya itu akan digunakan. Sistem ini telah banyak diaplikasikan di berbagai industri modern dan alat-alat berat untuk melakukan beragam kegiatan, seperti pemindahan suatu objek dan menekan suatu produk. Adapun alasan penggunaan sistem hidrolik adalah berdasarkan kelebihan dan kekurangannya, yaitu sebagai berikut:

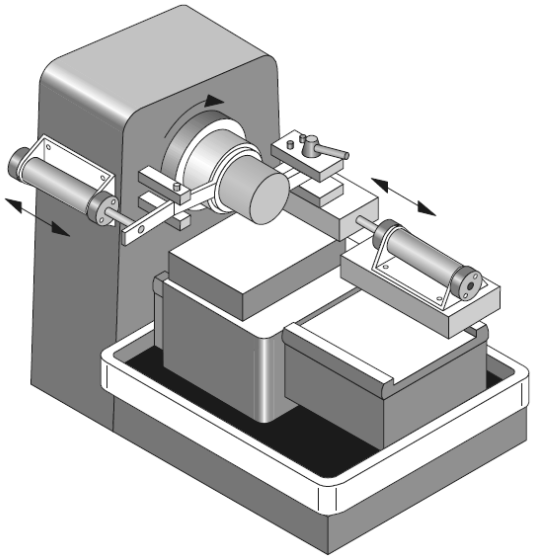
a. Kelebihan sistem hidrolik

- Perpindahan gaya yang besar dengan menggunakan komponen yang kecil;
- Posisi yang akurat karena menggunakan fluida cair yang inkompresibel;
- Dapat bergerak dengan beban yang berat;
- Operasi yang mulus/halus;
- Kontrol dan regulasi yang baik dan mudah;
- Baik untuk aplikasi yang ada beban lebih (overload).

b. Kekurangan sistem hidrolik

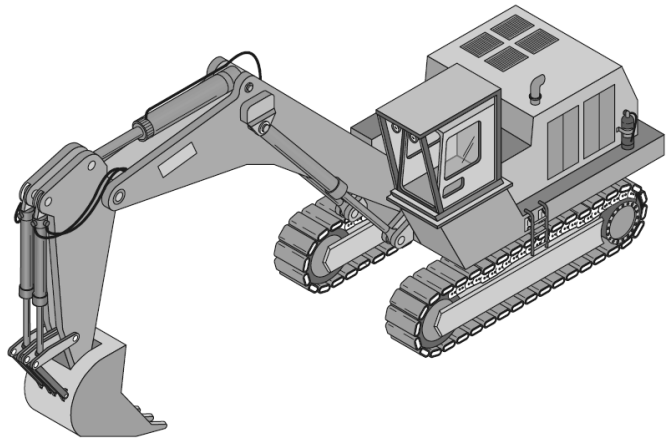
- Polusi terhadap lingkungan apabila fluida hidrolik bocor;
- Peka terhadap kotoran (partikel);
- Bahaya akan tekanan yang sangat tinggi;
- Dipengaruhi oleh suhu (perubahan viskositas);
- Kecepatan kerja yang relatif rendah, maximum 0.5 m/s;
- Kavitasi .

Berdasarkan pemakaiannya, sistem hidrolik dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu sistem hidrolik yang tetap dan sistem hidrolik yang berpindah. Sistem hidrolik yang tetap banyak digunakan untuk membantu proses produksi di berbagai industri, seperti mesin produksi, *assembly machines*, konveyor, mesin injeksi moulding, mesin roll dan sebagainya. Salah satu contoh aplikasi sistem hidrolik jenis ini adalah peralatan pencekaman di mesin CNC, seperti yang ditunjukan oleh gambar berikut ini:



Gambar 6. Aplikasi sistem hidrolik di mesin CNC

Sistem hidrolik yang berpindah biasanya berupa alat-alat berat, contoh: excavator. Pada excavator, sistem hidrolik diaplikasikan untuk melakukan semua jenis gerakannya. Bahkan sistem kontrol gerakan tersebut juga dilakukan berdasarkan sistem hidrolik. Excavator menggunakan silinder hidrolik untuk melakukan gerakan linear dan motor hidrolik untuk melakukan gerakan berputar.

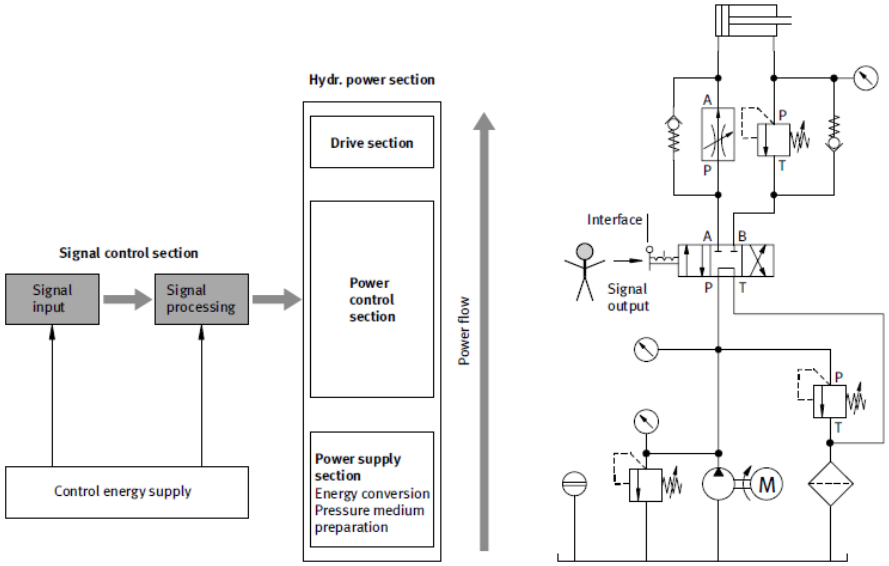


Gambar 7. Excavator

Perlu diketahui, sebuah sistem hidrolik dapat dibagi ke dalam beberapa sistem, yaitu sistem kendali sinyal dan sistem tenaga.

1. Sistem kendali sinyal

   Sistem kendali sinyal di sistem hidrolik dapat dikelompokan lagi menjadi dua, yaitu sinyal input (penginderaan) dan pengolah sinyal. Penginderaan dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti cara manual, mekanik atau tanpa kontak. Sedangkan sinyal tersebut dapat diolah secara manual, elektrik, elektronik, pneumatik, mekanik atau hidrolik



Gambar 8. Sistem hidrolik

2. Sistem tenaga

   Pada sistem hidrolik, sistem tenaga dapat dikelompokan menjadi tiga bagian, yaitu *power supply section*, *power control section* dan *drive section*. *Power supply section* adalah bagian yang menyediakan daya ke sistem hidrolik. Bagian ini mengkonversikan satu bentuk energi ke bentuk energi lain, hingga diperoleh energi fluida untuk sistem hidrolik. Adapun komponen dari bagian ini adalah sebagai berikut:

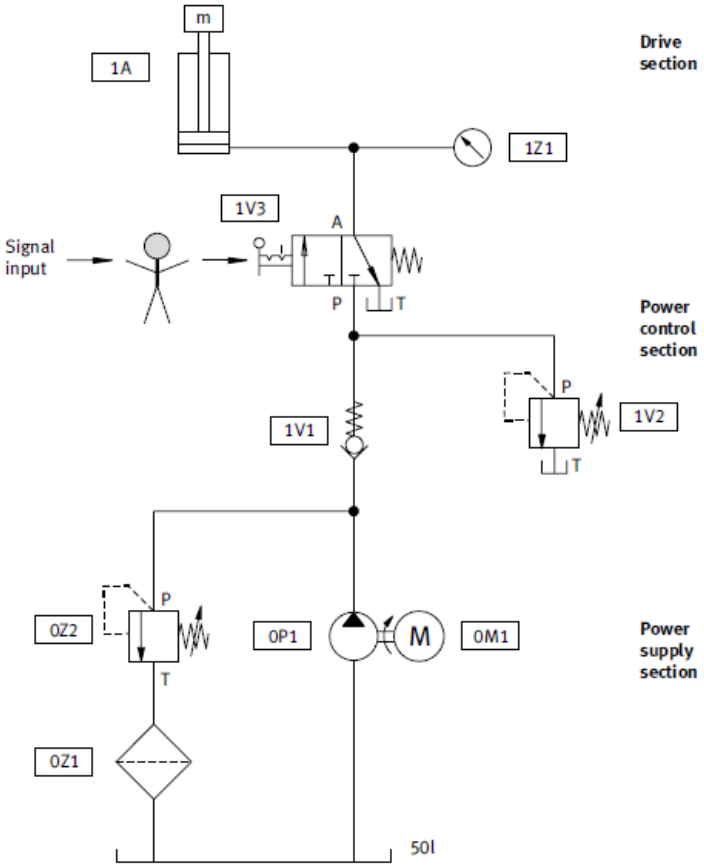
   - Motor listrik;
   - Motor bakar torak;
   - Kopling;
   - Pompa;
   - *Pressure indikator;*
   - *Protective circuitry*.

   Power control section adalah bagian yang mengatur pembagian energi fluida dari *power supply section* hingga mencapai *drive section*. Adapun komponen-komponen yang bertugas menjalankan fungsi ini adalah katup kontrol arah, katup kontrol aliran, katup tekanan, dan katup satu arah.

Drive section adalah bagian yang mengeksekusi energi fluida hidrolik menjadi berbagai gerakan mekanik. Komponen yang termasuk ke dalam bagian ini adalah silinder hidrolik dan motor hidrolik.

2.2 Circuit Diagram

Circuit diagram dapat mendeskripsikan mengenai fungsi dari struktur sistem hidrolik. Adapun contoh dari circuit diagram adalah sebagai berikut:



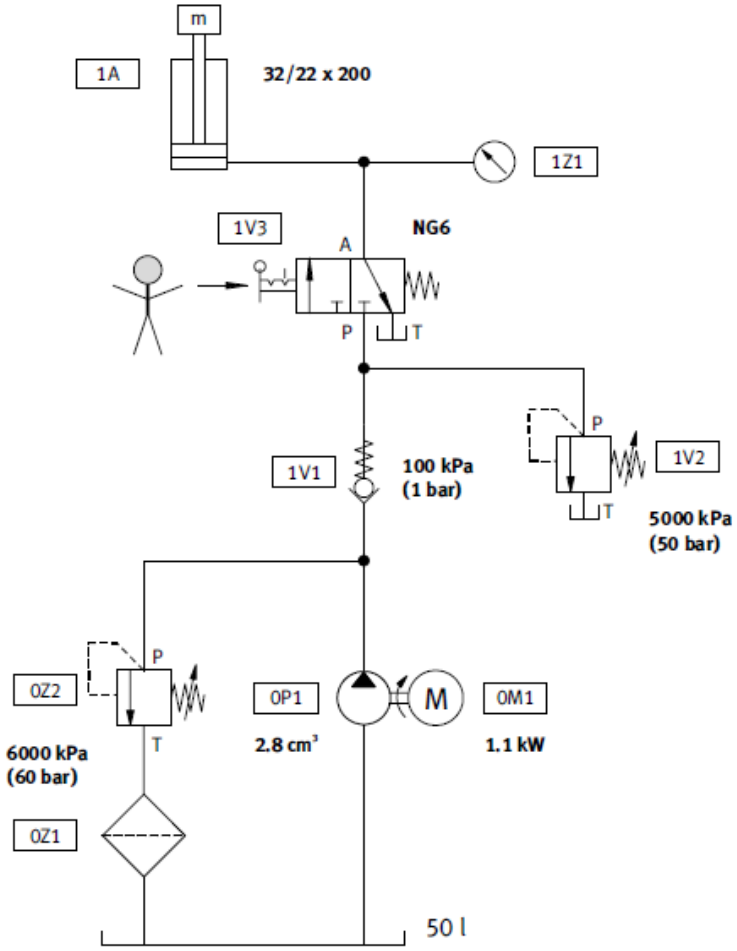
Gambar 9. Circuit diagram

Pada *circuit diagram* sistem hidrolik, *power supply section* diletakan di pisisi paling bawah, seperti pompa (0P1) dan motor listrik (0M1). Sedangkan *power control section* diletakan di posisi tengah pada circuit diagram-nya, seperti katup satu arah (1V1), 3/2-way valve (1V3) dan *pressure relief valve* (1V2). *Drive section* diletakan di paling atas dari *circuit diagram* sistem hidrolik, seperti silinder hidrolik (1A).

Berdasarkan DIN 24347, data spesifikasi dari komponen sistem hidrolik harus disertakan di circuit diagram. Adapun data-data spesifikasi yang harus ditunjukan tersebut terdapat di tabel berikut ini:

Tabel 1. Data spesifikasi komponen di *circuit diagram*

Equipment	Specifications	Example values
Reservoirs	Volume in litres to the highest permissible oil level	Max. 50 l
	Type of hydraulic fluid	ISO VG 22 type Al or HLP
Electric motors	Rated capacity in kW	1.1 kW
	Rated speed in rpm	1420 rpm
Fixed displacement pumps and variable-displacement pumps	Geometric delivery rate in cm^3	Gear pump 2.8 cm^3/revolution
Pressure valves	Set pressure in bar or permissible pressure range for the system	Operating pressure 50 bar
Non-return valve	Opening pressure	1 bar
Cylinder	Cylinder inner diameter/piston rod diameter - stroke in mm. The function (e. g. clamping, lifting, flat turning etc.) must be entered above every cylinder	32/22 - 200 1A lifting
Filter	Nominal flow rate in l/min ß...at Δp...bar	
Flexible hose	Nominal diameter (inner diameter) in mm	6 mm
Hydraulic motor	Capacity in cm^3 Speed in rpm	v = 12.9 cm^3 n = 1162.8 rpm at Q = 15 cm^3/min M = 1 Nm
Directional control valve	Nominal size	NG 6



Gambar 10. Circuit diagram dengan data spesifikasi komponen

2.3 Komponen Utama Sistem Hidrolik

2.3.1 Power Supply

Power supply adalah unit yang menyediakan energi fluida dengan mengkonversikan energi mekanik motor penggerak menjadi energi fluida pada pompa. Unit *power supply* terdiri dari beberapa komponen yang saling mendukung satu sama lain, yaitu motor penggerak, pompa, *pressure relief valve*, kopling, tangki, filter, *cooler* dan *heater*.

Pompa merupakan komponen yang paling penting dalam *power supply* karena pompa memberikan energi tekanan kepada fluida hidrolik agar dapat mengalir menuju sistem. *Pressure relief valve* membatasi tekanan operasi sistem hidrolik agar tidak melebihi batas yang diijinkan. Filter selalu terdapat dalam unit *power supply* untuk menyaring kotoran yang terdapat dalam fluida hidrolik. Begitupun *heater* dan *cooler* biasa diinstalisasikan di sistem hidrolik untuk menjaga temperatur kerja operasi fluida hidrolik agar viskositasnya selalu berada pada kondisi optimumnya.

2.3.2 *Fluida Hidrolik*

Fluida hidrolik berfungsi untuk memindahkan energi yang dihasilkan oleh unit power supply ke unit penggerak, baik silinder atau motor. Fluida hidrolik memiliki berbagai karakteristik yang penting untuk diketahui agar pemilihannya sesuai dengan kebutuhan sistem hidrolik yang akan dirancang. Fluida hidrolik yang paling umum digunakan adalah berbahan dasar minyak mineral.

2.3.3 *Katup*

Katup adalah peralatan yang berfungsi untuk mengatur arah aliran fluida hidrolik, tekanan, laju aliran, dan kecepatan aliran. Secara garis besar terdapat empat jenis katup yang digunakan di sistem hidrolik, antara lain:

1. Katup kontrol arah (*Directional control valve*)
   Katup yang berfungsi untuk mengatur arah aliran fluida hidrolik yang akan berpengaruh kepada arah gerakan dan posisi dari aktuator. Katup ini dapat dioperasikan secara manual, mekanik, elektrik, pneumatik dan hidrolik.

Gambar 11. Katup Kontrol Arah

2. Katup tekanan (*Pressure valve*)
   Katup ini berfungsi untuk mengatur tekanan kerja pada sistem hidrolik.

Gambar 12. Katup Tekanan

3. Katup kontrol aliran (*Flow kontrol valve*)
   Katup ini berfungsi untuk mengontrol/mengendalikan besar-kecilnya aliran fluida hidrolik yang menuju ke sistem hidrolik. Pengaturan aliran dilakukan karena besarnya aliran atau jumlah volume fluida hidrolik yang mengalir akan mempengaruhi besar daya dorong fluida tersebut.

Gambar 13. Katup kontrol aliran

4. Katup satu arah (*Non-return valve*)
   Katup ini berfungsi untuk mengatur arah aliran fluida hidrolik hanya satu arah saja, dimana bila fluida hidrolik telah melewati katup tersebut maka udara tidak dapat berbalik arah.

Gambar 14. Katup Satu Arah

2.3.4 *Silinder (Aktuator linear)*

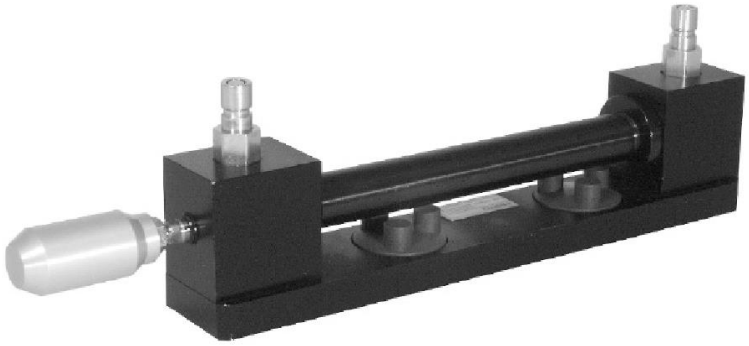
Silinder adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah energi fluida menjadi energi mekanik berupa gerakan linear piston. Aktuator ini memiliki dua jenis yaitu sebagai berikut:

1. Silinder kerja tunggal

   Tekanan fluida hanya diberikan pada satu sisi piston, maka tenaga yang dihasilkan pun hanya pada satu sisi silinder saja. Pada silinder kerja tunggal, langkah kembali piston dipengaruhi oleh gaya dari luar, yaitu gaya pegas. Contoh silinder kerja tunggal adalah *hidraulic ram* dan *telescopic cylinder*.

2. Silinder kerja ganda
   Silinder ini mendapat suplai tekanan fluida hidrolik dari dua sisi silinder. Keuntungannya adalah bahwa silinder ini dapat memberikan tenaga kepada dua belah sisinya. Silinder kerja ganda ada yang memiliki batang torak (*piston road*) pada satu sisi dan ada pada kedua pula yang pada kedua sisi. Silinder kerja ganda akan maju atau mundur oleh karena adanya fluida

hidrolik bertekanan yang disalurkan ke salah satu sisi dari dua saluran yang ada. Silinder kerja ganda terdiri dari beberapa bagian, yaitu torak, seal, batang torak, dan silinder. Sumber energi silinder ini dapat berupa sinyal langsung melalui katup kendali, atau melalaui katup sinyal ke katup pemroses sinyal (*processor*) kemudian baru ke katup kendali. Pengaturan ini tergantung pada banyak sedikitnya tuntutan yang harus dipenuhi pada gerakan aktuator yang diperlukan. Contoh silinder kerja ganda adalah *telescopic cylinder*, *differential cylinder*, dan *synchronous cylinder*.



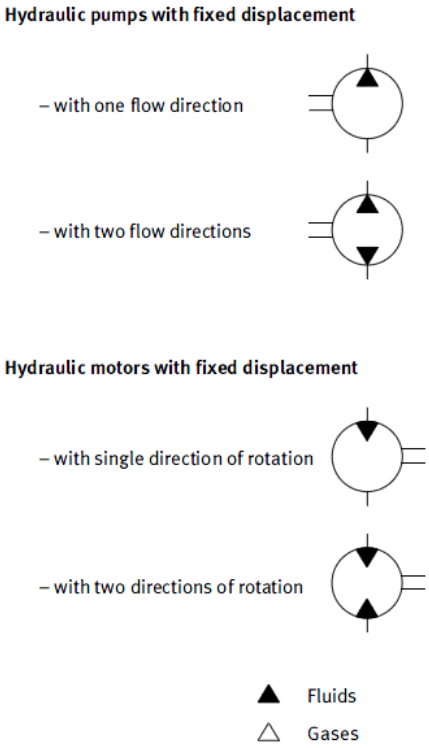
Gambar 15. Silinder kerja ganda

2.4 Simbol Komponen Sistem Hidrolik

Setiap komponen di sistem hidrolik memiliki simbol masing masing yang dapat mempermudah dalam pembuatan dan pembacaaan diagram sistem hidrolik. Simbol tersebut dapat menginformasikan jenis komponen dan fungsinya, namun tidak dapat menjelaskan mengenai spesifikasi perancangannya. Simbol-simbol komponen sistem hidrolik yang digunakan pada buku ini mengacu kepada standar DIN ISO 1219.

2.4.1 *Pompa dan Motor Hidrolik*

Pompa dan motor hidrolik memiliki simbol berupa lingkaran yang berisi segitiga berwarna hitam. Segitiga berwarna hitam menunjukan bahwa fluida yang digunakan adalah fluida cair untuk sistem hidrolik, sedangkan segitiga berwarna putih menunjukan bahwa fluida yang digunakan adalah fluida gas untuk sistem pneumatik. Simbol motor hidrolik dan pompa hidrolik dibedakan berdasarkan arah dari panah segitiga yang menginformasikan arah aliran, dimana segitiga dengan panah menuju ke luar lingkaran merupakan simbol pompa hidrolik dan segitiga dengan panah menuju ke dalam lingkaran merupakan simbol motor hidrolik.



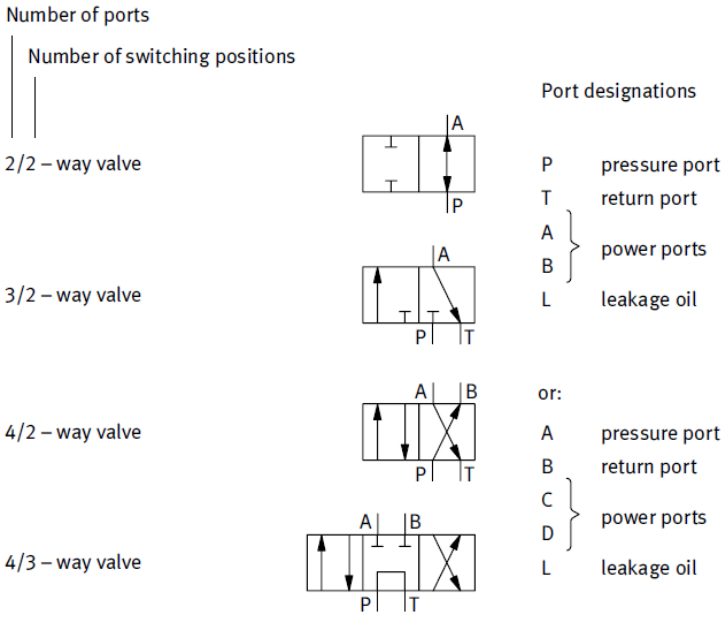
Gambar 16. Simbol pompa dan motor hidrolik

2.4.2 *Katup Kontrol Arah*

Katup kontrol arah disimbolkan oleh beberapa kotak yang saling terhubung dan di dalamnya terdapat tanda panah. Jumlah kotak menunjukan jumlah posisi yang dimiliki oleh katup, sedangkan tanda panah menunjukan arah aliran dari fluida hidrolik. Selain itu, terdapat beberapa garis yang menunjukan jumlah saluran dari katup dan garis tersebut menginformasikan hubungan dari setiap saluran terhadap posisi katup.

Setiap saluran dari katup harus ditandai untuk menginformasikan fungsi dari saluran tersebut. Tanda saluran selalu diletakan pada posisi normal katup. Terdapat dua metoda penandaan saluran dari katup, yaitu menggunakan huruf P, T, A, B, dan L, serta secara alfabet A, B, C, D, dan lainnya. Metoda yang pertama lebih banyak digunakan dari pada metoda kedua.

Setiap katup kontrol arah diberi nama berdasarkan jumlah saluran dan jumlah posisi katup. Paling sedikit, katup kontrol arah memiliki dua buah saluran dan dua buah posisi katup. Sebagai contoh, katup tersebut memiliki nama 2/2-*way valve*. Adapun diagram di bawah ini menunjukan penamaan beberapa katup kontrol arah.

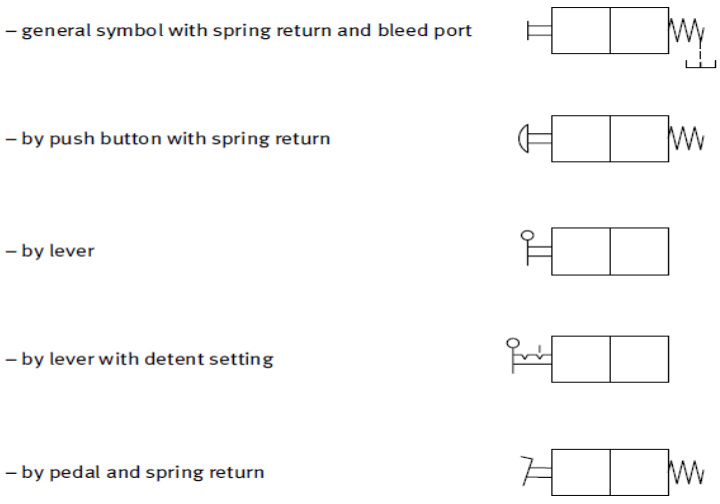


Gambar 17. Simbol dan Penamaan Katup Kontrol Arah

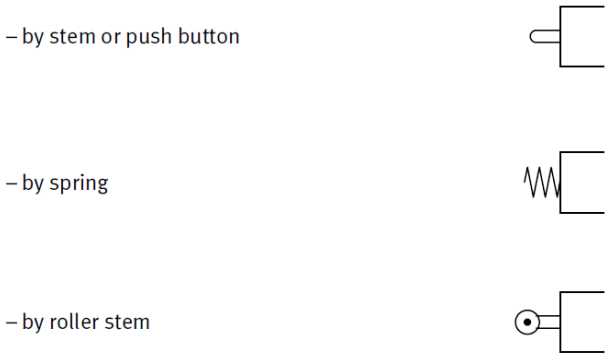
2.4.3 *Metoda Aktuasi*

Posisi katup dari katup kontrol arah dapat diubah oleh beragam metoda aktuasi, seperti *push button*, pedal dan *lever with detent*. Pegas selalu digunakan untuk mengembalikan posisi katup ke posisi normalnya. Pengembalian posisi katup dapat pula dilakukan dengan menekan ulang tombol dengan menggunakan detent.

Simbol metoda aktuasi digabungkan dengan simbol kotak pada katup kontrol arah. Pada gambar di bawah, terdapat beberapa simbol metoda aktuasi yang penting untuk diketahui dan mengacu kepada standar DIN ISO 1219.



Gambar 18. Aktuasi Mekanik

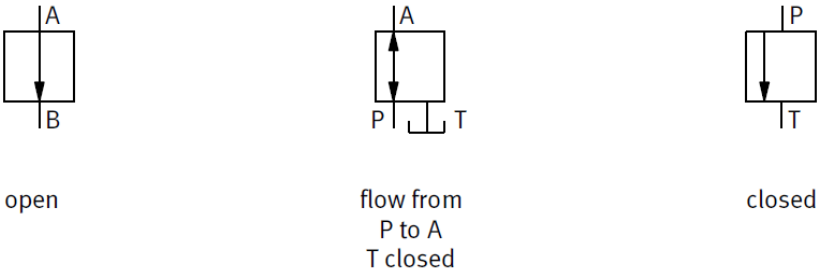


Gambar 19. Aktuasi Mekanik (Continuation)

Gambar 20. General Symbol

2.4.4 *Katup Tekanan (Pressure Valve)*

Katup tekanan disimbolkan oleh sebuah kotak yang di dalamnya terdapat tanda panah yang menunjukan arah aliran fluida. Saluran katup ini diberi tanda P untuk saluran masuk fluida (*pressure port*), serta tanda T atau A dan B untuk saluran keluar menuju tangki (*tank connection*). Posisi panah terhadap saluran menunjukan kondisi normal dari katup, normally close atau normally open, seperti yang ditunjukan oleh gambar berikut ini.

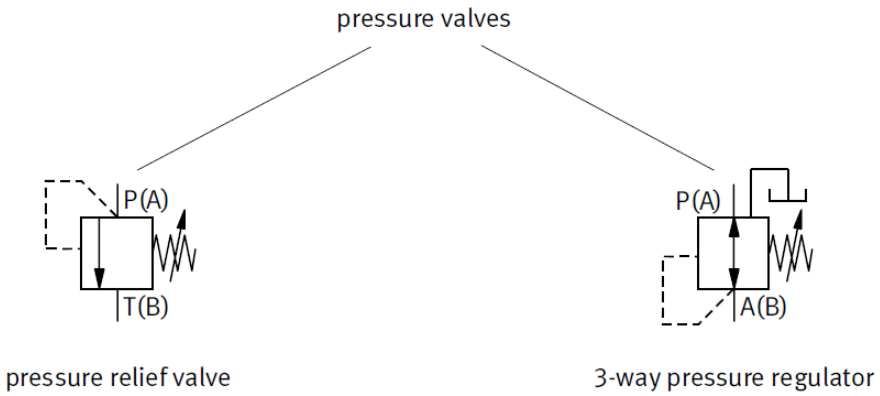


Gambar 21. Simbol Katup Tekanan, Normally Open dan Normally Close

Simbol di atas belumlah lengkap, simbol kotak katup tekanan harus ditambahkan simbol pegas yang merupakan bagian penting dari pengaturan tekanan. Simbol pegas tanpa tanda panah disebut dengan *set pressure valve*, sedangkan simbol pegas dengan tanda panah diagonal disebut dengan *adjustable pressure valve*.

Gambar 22. Simbol *Set Pressure Valve* dan *Adjustable Pressure Valve*

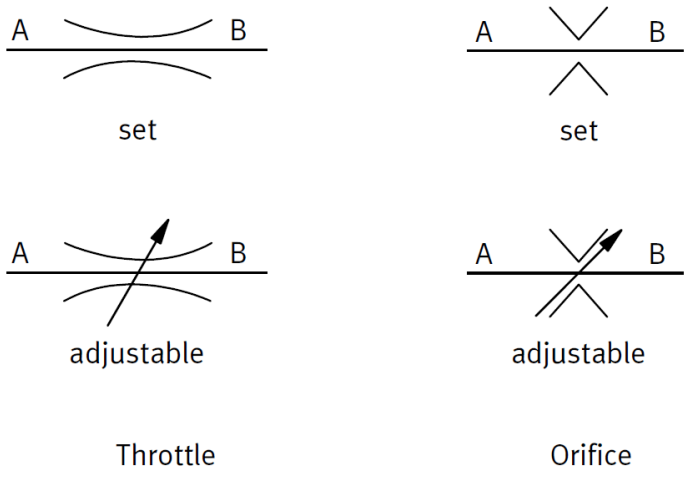
Pada dasarnya, katup tekanan dikelompokan menjadi dua, yaitu *pressure relief valve* dan *pressure regulator*. Adapun simbol dari kedua jenis katup tekanan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 23. Simbol *Pressure Relief Valve* dan *Pressure Regulator*

2.4.5 *Katup Kontrol Aliran*

Secara umum, katup kontrol aliran dibedakan menjadi dua jenis, yaitu: orifice dan throttel. Kedua jenis tersebut memiliki simbol yang berbeda dan masing-masing dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu set dan adjustable. Pada jenis adjustable, terdapat panah diagonal yang melewati simbol orifice dan throttle. Adapun simbol dari komponen ini adalah sebagai berikut:



Gambar 24. Simbol Katup kontrol Aliran

2.4.6 Katup Satu Arah (Non-Return Valve)

Katup satu arah disimbolkan oleh sebuah bola yang ditekan pada suatu dudukan yang berupa segitiga terbuka. Perhatikan Gambar 25, fluida hidrolik hanya dapat mengalir dari posisi A ke posisi B karena jika fluida mengalir dengan arah yang berlawanan, maka bola akan menutup salurannya. Katup satu arah memiliki beberapa jenis, yaitu shut-off valve dan pilot-controlled non-return valve.

Gambar 25. Katup Satu Arah

Pilot-controlled non-return valve digambarkan oleh sebuah kotak yang berisi simbol katup satu arah dan garis putus-putus yang menunjukan saluran kontrolnya. Saluran kontrol tersebut ditandai dengan huruf X. Shut-off valve digambarkan oleh dua buah segitiga yang saling berhadapan satu sama lain. Adapun simbol dari kedua katup ini adalah sebagai berikut:

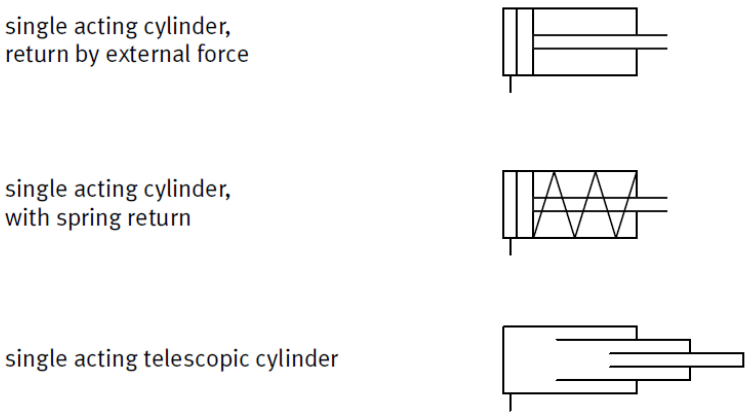
Gambar 26. Shut Off Valve dan pilot-controlled non-return valve

2.4.7 Silinder

Sesuai dengan subbab sebelumnya, silinder terbagi ke dalam dua jenis, yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda. Kedua jenis silinder ini memiliki perbedaan simbol, yaitu:

1. Silinder kerja tunggal

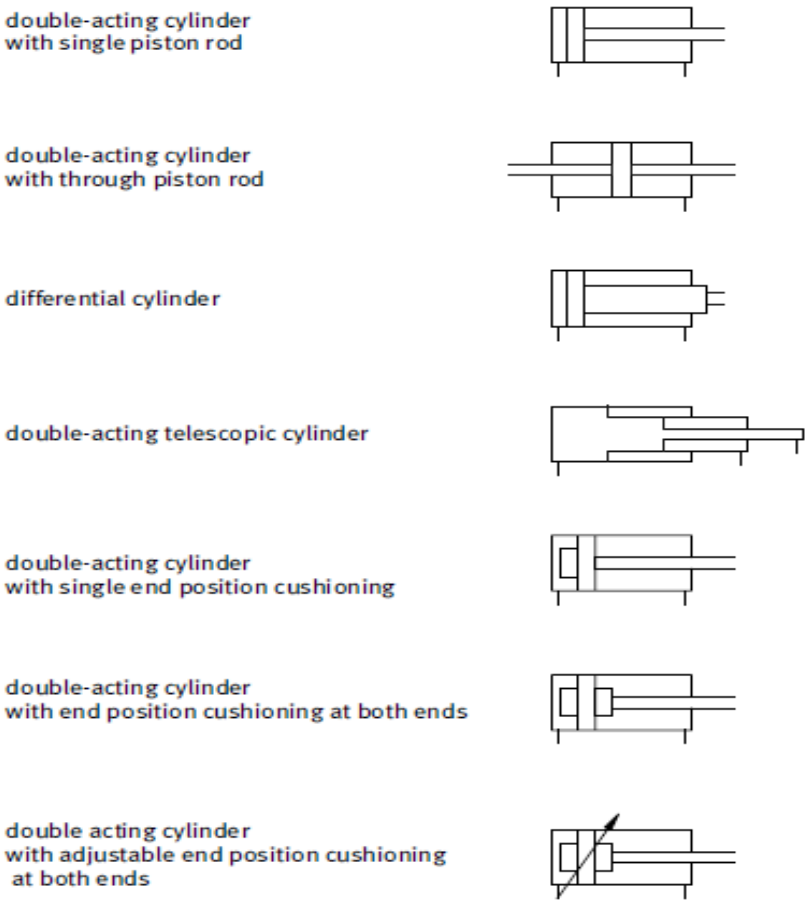
   Pada silinder kerja tunggal, fluida hidrolik bertekanan hanya masuk pada satu sisi saja, yaitu pada bagian atas piston. Kembalinya piston ke posisi normalnya dipengaruhi oleh gaya dari luar, biasanya menggunakan pegas. Adapun simbol dari beberapa jenis silinder kerja tunggal adalah sebagai berikut:



Gambar 27. Simbol Silinder Kerja Tunggal

2. Silinder Kerja Ganda

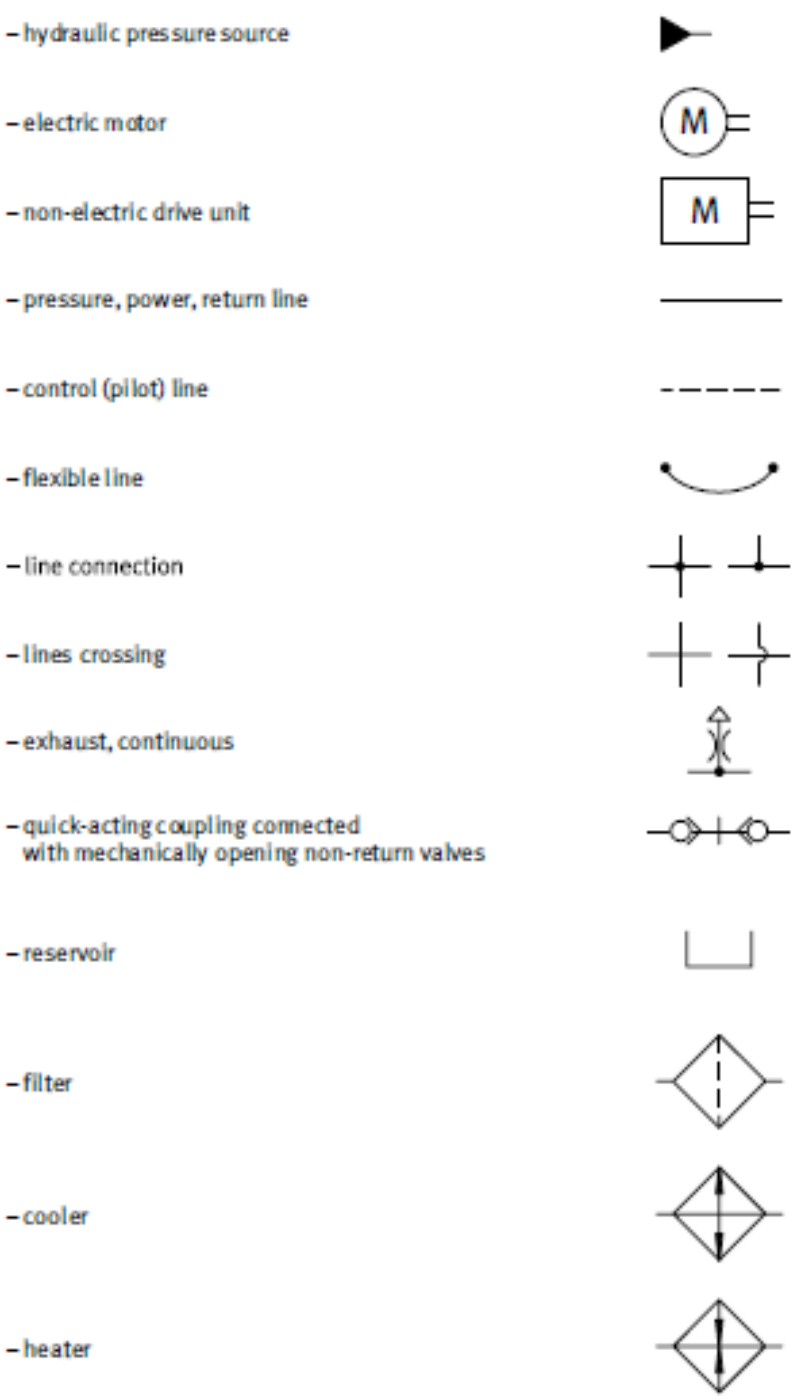
Pada silinder kerja ganda, fluida hidrolik bertekanan masuk pada kedua sisi silinder, sehingga gerakan bolak-balik dari silinder seluruhnya disebabkan oleh tekanan fluida hidrolik. Adapun simbol dari beberapa jenis silinder kerja ganda adalah sebagai berikut:



Gambar 28. Simbol Silinder Kerja Ganda

2.4.8 Pemindah Energi dan Penyalur Tekanan

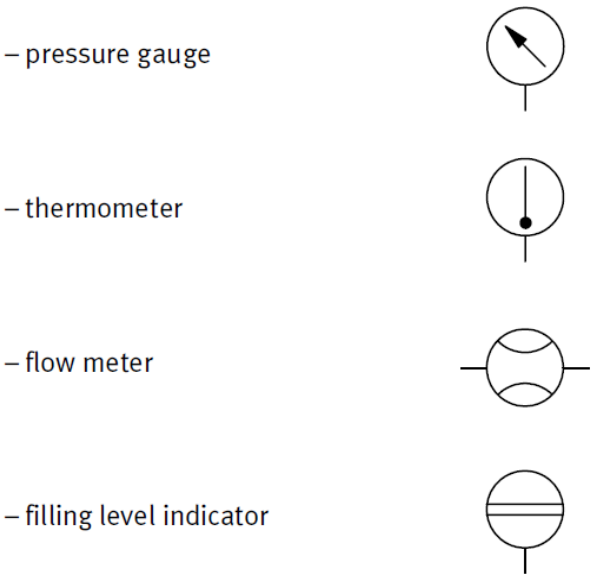
Adapun simbol-simbol dari pemindah energi dan penyalur tekanan dari sistem hidrolik adalah sebagai berikut:



Gambar 29. Simbol Pemindah energi dan Penyalur Tekanan

2.4.9 Alat Ukur

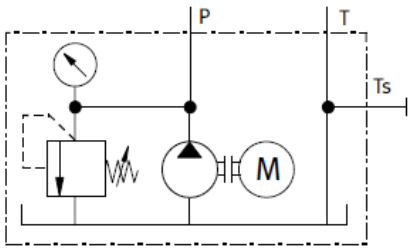
Pada sistem hidrolik, alat ukur digunakan untuk memantau kinerja dan kondisi dari sistem hidrolik. Adapun simbol dari alat ukur tesebut adalah sebagai berikut:



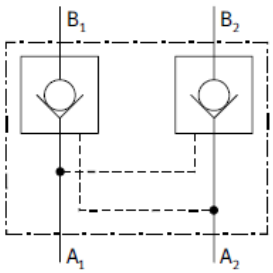
Gambar 30. Simbol Alat Ukur

2.4.10 Peralatan Kombinasi

Pada sistem hidrolik, ada beberapa peralatan yang dijual dalam satu paket membentuk alat dengan fungsi tertentu. Alat tersebut disimbolkan dengan kotak bergaris sumbu yang di dalamnya terdapat simbol rangkaian alat tersebut. Adapun contoh dari peralatan kombinasi ini adalah hydraulic power pack dan pilot-operate double non-return valve.



Hydraulic power pack



Pilot-operated double non-return valve

Gambar 31. Simbol Hydraulic Power Pack dan Pilot-Operate Double Non Return Valve

BAB III
POWER SUPPLY HIDROLIK

Tujuan Pembelajaran Umum

1. Menjelaskan tentang power supply untuk sistem hidrolik yang merupakan sub sistem yang berfungsi untuk merubah daya mekanik menjadi daya hidrolik berupa tekanan dan debit aliran

Tujuan Pembelajaran Khusus

1. Memberikan penjelasan tentang parameter-parameter yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan pompa yang berfungsi untuk merubah daya mekanik menjadi daya fluida.
2. Memberikan penjelasan mengenai beberapa komponen lain pada power supply hidrolik yaitu penggerak mula, *pressure relief valve*, kopling, tangki, filter, pendingin (*cooler)*, pemanas (*heater*) dan akumulator.

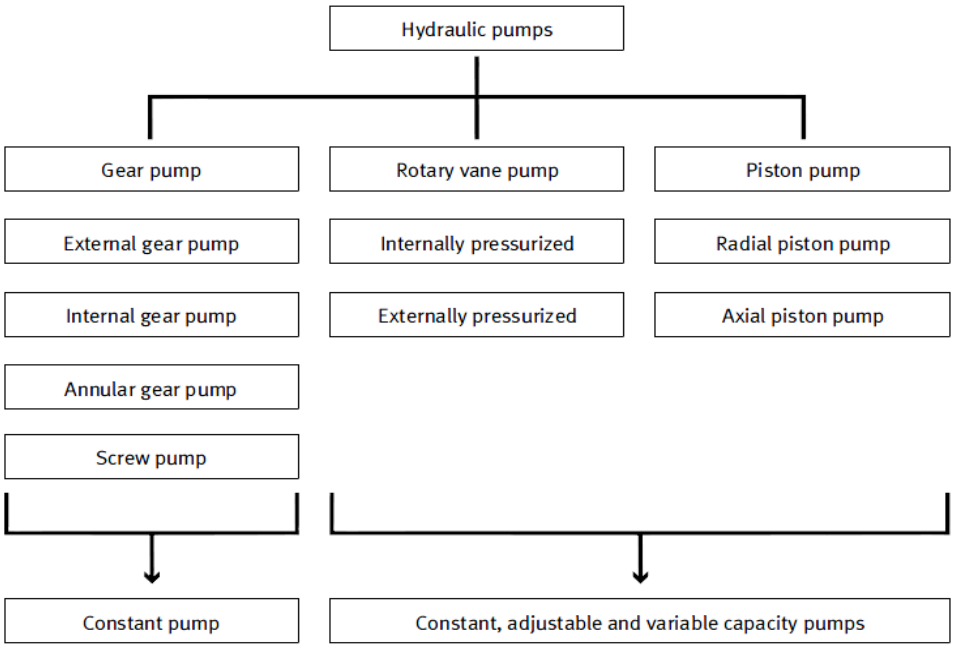
3.1 Penggerak mula

Penggerak mula berfungsi sebagai penyedia daya mekanik untuk menggerakan pompa. Penggerak mula yang digunakan adalah motor listrik dan motor bakar. Motor listrik digunakan sebagai penggerak pompa pada sistem hidrolik yang stasioner, sedangkan motor bakar digunakan sebagai penggerak pompa pada sistem hidrolik yang berpindah-pindah.

3.2 Pompa

Pompa berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari penggerak mula menjadi energi fluida berupa tekanan dan aliran. Pompa yang digunakan di sistem hidrolik dikenal dengan nama pompa hidrolik. Ada banyak jenis pompa yang dapat digunakan sebagai pompa hidrolik, klasifikasi pompa dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Pompa menghisap fluida hidrolik dari tangki dan meningkatkan tekanannya agar fluida hidrolik dapat mengalir menuju sistem. Tekanan ini diperlukan untuk mengatasi tahanan sistim, yang disebut "*head*". *Head* total merupakan jumlah dari *head* statik dan *head* gesekan/ friksi (*head loss*).

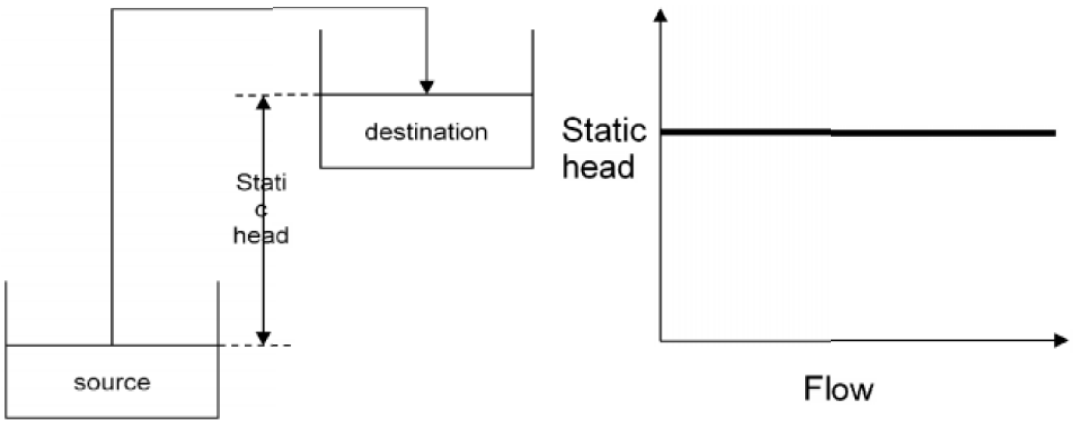


Gambar 32. Klasifikasi pompa hidraulik

a. Head Statik

Head statik merupakan perbedaan tinggi antara sumber dan tujuan dari cairan yang dipompakan. *Head* statik merupakan aliran yang independen. *Head* statik pada tekanan tertentu tergantung pada berat cairan dan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Head\ (m) = \frac{P(Pa)}{\rho(\frac{kg}{m^3}) \cdot g(\frac{m}{s^2})}$$

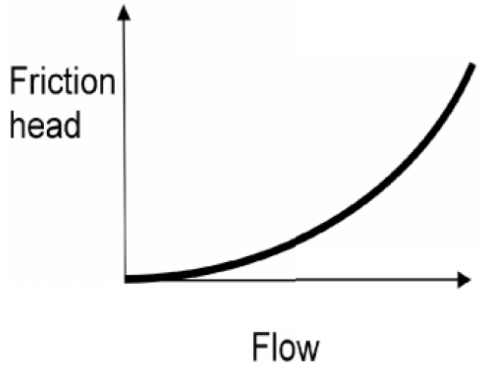


Gambar 33. Head statik

b. *Head loses*

Head loses merupakan kehilangan tekanan yang diperlukan untuk mengatasi tahanan untuk mengalir dalam pipa dan sambungan-sambungan. *Head* ini tergantung pada ukuran, kondisi dan jenis pipa, jumlah dan jenis sambungan, debit aliran, dan sifat dari cairan. *Head* gesekan/ friksi sebanding dengan kuadrat debit aliran seperti diperlihatkan dalam Gambar 2. Adapun persamaan untuk menghitung head lose adalah sebagai berikut:

$$h_l = h_f + h_m$$



Gambar 34. Karakteristik *head lose*

3.2.1 Volume Kerja

Volume kerja dapat menunjuukan ukuran dari suatu pompa. Besaran ini mengindikasikan volume fluida yang dapat dihasilkan oleh pompa setiap putarannya. Volume kerja per satuan waktu meunjukan laju aliran volume pompa. Besaran ini dapat dihitung oleh persamaan berikut ini:

$$Q = n \times V$$

Q : Laju aliran volume ($\frac{m^3}{minute}$)

V : Volume kerja (m^3)

Contoh soal:

Sebuah pompa berputar dengan kecepatan 1450 min^{-1} dan memiliki volume kerja 2,8 cm^3. Berapakah laju aliran vlume pompa tersebut?

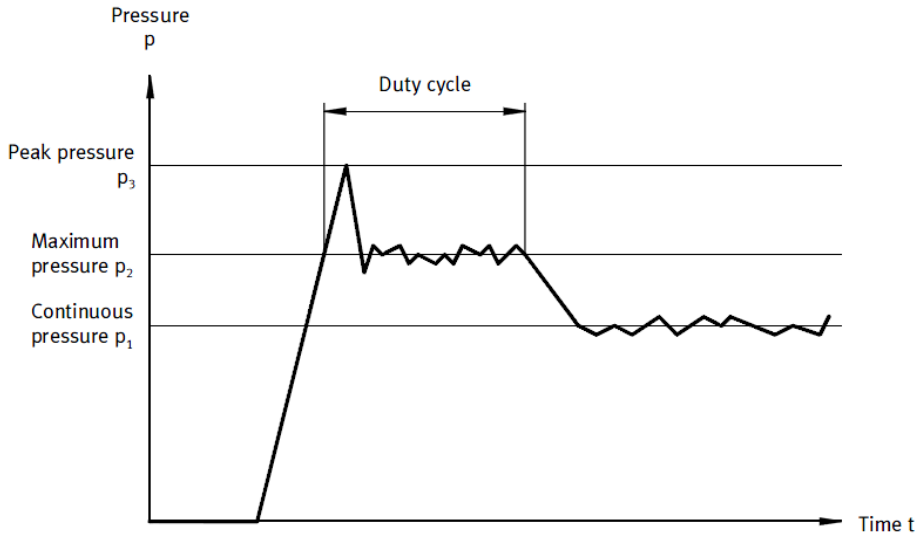
Jawab:

$$Q = n \cdot V = 1450\ rpm \cdot 2.8\ cm^3 = 4060 \frac{cm^3}{min} = 4.061 \frac{l}{min}$$

3.2.2 Tekanan Operasi

Tekanan operasi adalah parameter yang sangat penting di dalam pompa dan sistem hidrolik. Selama beroperasi, pompa harus dijaga pada tekanan operasinya agar tekanan tidak meningkat hingga tekanan puncaknya. Tekanan puncak harus selalu dihindari oleh pompa karena dapat mempercepat terjadinya keausan, sehingga pada aplikasinya pompa selalu bekerja sama dengan pressure relief

valve. Tekanan puncak hanya diijinkan terjadi sesaat dan selanjutnya pompa harus beroperasi di tekanan operasinya, ketentuan tersebut digambarkan oleh kurva di bawah ini:



Gambar 35. Tekanan operasi

3.2.3 Kecepatan Putar

Kecepatan putar merupakan salah satu parameter yang penting di dalam pompa. Kecepatan putar dapat mempengaruhi debit yang dihasilkan oleh pompa, bahkan mayoritas pompa hanya efektif digunakan pada kecepatan putar tertentu saja. Oleh karena itu, ketika pompa beroperasi kecepatan putar pompa harus selalu dipantau agar pompa dapat memberikan kinerja yang optimal.

3.2.4 Efisiensi

Proses pengubahan energi mekanik menjadi energi fluida pada pompa dapat menyebabkan kehilangan energi. Kehilangan ini ditunjukan oleh suatu besaran yang bernama efisiensi. Perhitungan efisiensi pompa harus mempertimbangkan semua jenis kehilangan yang terjadi di pompa, seperti kehilangan mekanik, volumetrik dan hidrolis, sehingga efisiensi keseluruhan pompa adalah sebagai berikut:

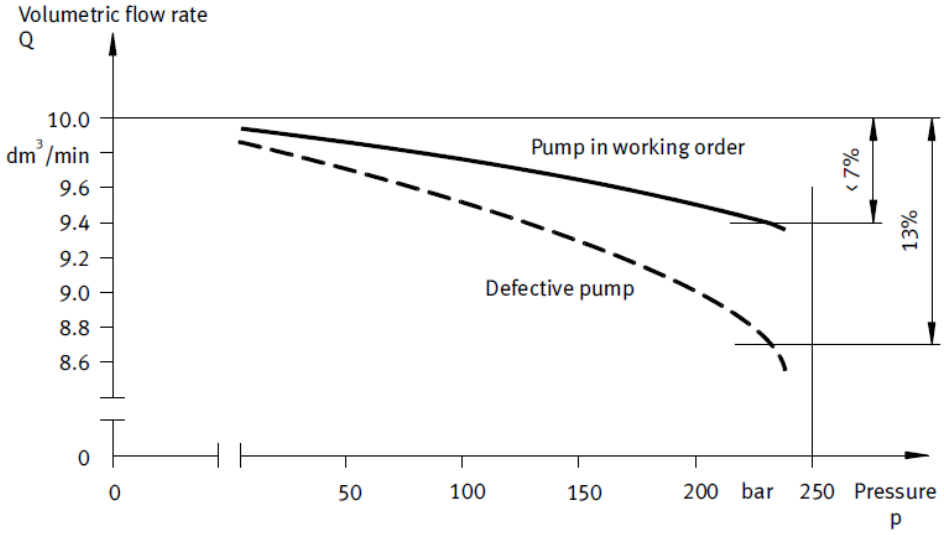
$$\eta_{total} = \eta_{volumetrik} \cdot \eta_{hidrolis} \cdot \eta_{mekanik}$$

Kurva karakteristik pompa menunjukan hubungan antara tekanan dan debit yang dihasilkan pompa. Berdasarkan kurva tersebut, debit efektif pompa akan berkurang dengan kenaikannya tekanan. Selain itu, kurva karakteristik pompa dapat menunjukan beberapa informasi berikut:

a. Ketika p= 0, debit maksimum dihasilkan oleh pompa.

b. Ketika p > 0, debit berkurang karena kebocoran fluida hidrolik.

c. Kurva karakteristik pompa menunjukan efisiensi volumetris (η_{vol}) pompa.



Gambar 36. Kurva karakteristik pompa

Seperti yang dijelaskan di atas, kurva karakteristik dapat menunjukan efisiensi volumetris dari pompa, sehingga harga efisiensi pompa dapat diketahui dengan mudah. Dengan demikian, informasi dari kurva karakteristik pompa dapat memudahkan dalam pemilihan jenis pompa yang tepat. Adapun contoh soal dari aplikasi kurva karakteristik pompa tersebut adalah sebagai berikut:

- Diketahui karakteristik sebuah pompa baru memiliki kebocoran fluida hidrolik sebesar 6% pada 230 bar. Berapakah efisiensi volumetris dari pompa tersebut?

  Jawab:

  $Q_{(p=0)}$ = 10 dm^3/min

  $Q_{(p=230)}$ = 9,4 dm^3/min

  Q_L = 0,6 dm^3/min

$$\eta_{vol} = \frac{9{,}4\ \frac{dm^3}{min}}{10\ \frac{dm^3}{min}} = 0{,}94$$

- Diketahui karakteristik sebuah pompa rusak memiliki kebocoran fluida hidrolik sebesar 14,3% pada 230 bar. Berapakah efisiensi volumetris dari pompa tersebut?

  $Q_{(p=0)}$ = 10 dm^3/min

  $Q_{(p=230)}$ = 8.7 dm^3/min

  Q_L = 10 dm^3/min

$$\eta_{vol} = \frac{8{,}7\ \frac{dm^3}{min}}{10\ \frac{dm^3}{min}} = 0{,}87$$

3.3 Pressure Relief Valve

Pada perangkat power supply hidrolik, pressure relief valve berfungsi untuk melindungi pompa dari beban yang berlebih. Jika tekanan keluaran pompa sudah lebih besar dari tekanan operasionalnya, maka pressure relief valve akan mengalirkan sebagian aliran hingga seluruhnya menuju tangki. Penjelasan mengenai pressure relief valve akan dibahas lebih lanjut di BAB Katup Hidrolik.

3.4 Kopling

Kopling terletak di antara motor penggerak dan pompa. Komponen ini berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros motor penggerak ke poros pompa. Sebagai tambahan, pemasangan kopling harus memperhatikan kesatusumbuan dari poros pompa dan motor penggerak.

Secara umum, kopling dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu:

a. Kopling tetap adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak/input ke poros yang digerakan/output secara tepat (tanpa slip) dan ke 2 poros ini selalu dalam keadaan terhubung.

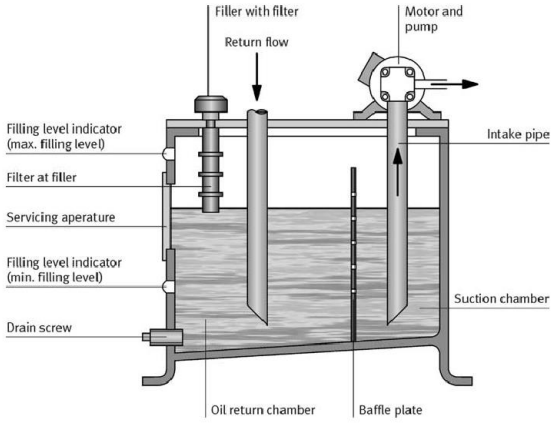
b. Kopling tidak tetap suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak/input ke poros yang digerakan/output, serta dapat melepaskan hubungan ke 2 poros tersebut baik dalam keadaan diam maupun berputar.

3.5 Tangki

Ruangan penyimpan fluida (oli) digunakan tangki atau sering juga disebut reservoar. Fluida dijaga tetap bersih dengan menggunakan saringan kasar (strainer), saringan halus (filter) atau pemisah magnetik sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Apabila tangki ini dirancang dan dikonstruksi benar-benar, mempunyai efek terhadap fungsi dan pengaruh daya guna dari suatu sistem hidrolik. Pada prinsipnya reservoar mempunyai sejumlah fungsi penting yang meliputi :

- Reservoar menyimpan fluida sehabis dipakai dari sistem hidrolik, dan bekerja sebagai penahan terhadap fluktuasi (gejolak) fluida yang disebabkan oleh pemindahan aliran yang tidak sama pada elemen penggerak (sistem).
- Reservoar mampu membuang panas yang ditimbulkan oleh tenaga yang hilang pada elemen penggerak dan elemen pengatur (katup).
- Reservoar menetralisir adanya buih dan gelembung yang ditimbulkan, sehingga buih dan gelembung dapat terpisah dari fluida hidroliknya.
- Reservoar dapat mengendapkan kotoran-kotoran fluida, endapan itu berada di bagian bawah reservoar, sehingga bebas dari fluidanya.

Untuk pemakaian stasioner, biasanya reservoar dirancang untuk menempatkan motor beserta pompa di atasnya demikian juga katup pengarah dan pengatur tekanannya. Untuk keperluan ini konstruksi reservoar diharuskan, cukup kuat (kaku) dan rata bagian atasnya. Bagian bawah reservoar dimiringkan atau dicekungkan untuk mengeluarkan fluida melalui lubang pembuang. Pelat pembersih atau penutup dipasang pada sisi tangki untuk memudahkan dalam pembersihan dan pemeliharaan. Reservoar kecil biasanya terbuat dari alumunium tuang dengan sirip-sirip pendingin. Kebanyakan reservoar dijual dalam bentuk satu unit lengkap meliputi penggerak utama, pompa, dan satu katup pelepas.



Gambar 37. Konstruksi Reservoar

3.6 Filter

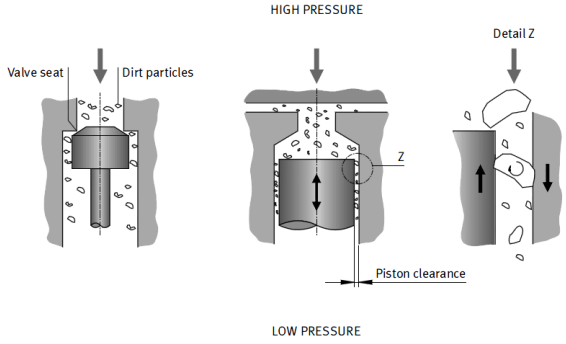
Fluida hidrolik harus dijaga tetap bersih dalam suatu sistem dengan menggunakan filter (saringan halus disebut juga penapis) dan strainer (saringan kasar). Yang membedakan antara strainer dan filter adalah kemampuan penyaringannya terhadap kotoran-kotoran yang melewatinya. Filter mempunyai komponen penyaring yang lebih halus, sehingga kotoran yang dapat tersaring pun sampai butiran-butiran yang paling kecil. Berbeda dengan strainer, komponen penyaring (cartridge) yang digunakan lebih kasar, sehingga butiran-butiran yang tersaring pun lebih kasar. Pemisah magnet juga digunakan untuk menjerat kotorankotoran yang terbawa oleh fluida, khususnya kotoran-kotoran dari logam fero seperti keausan yang ditimbulkan oleh gesekan pada bidang-bidang bergerak. Karena pada prinsipnya partikel sebesar 1-5 mikron mampu menyebabkan kerusakan pada sistem servo dan mempercepat kerusakan oli dalam berbagai hal.

Filtrasi (penyaringan) fluida hidrolik adalah merupakari hal yang paling penting untuk memelihara fungsi dan ketahanan sistem hidrolik. Kontaminasi (kotoran) fluida terjadi melalui berbagai sumber, antara lain :

- Kotoran yang tertinggal dalam sistem selama dalam perakitan awal atau akibat kerja pemeliharaan seperti terak pengelasan dan butirbutir pengelasan, sobekan pita silikon (pada penyekat), lepasan-lepasan pada sambungan ulir, potongan-potongan bahan penyekat, dan bram-bram penggerindaan.

- Kotoran yang ditimbulkan ketika sistem bekerja seperti lepasanlepasan (bram) akibat gesekan antara logam dengan logam atau non logam, endapan dan pernis karena oksidasi fluida, demikian juga karat dan kondensasi air pada bagian dalam reservoar.
- Kotoran yang dihadirkan dari luar ke dalam sistem. Hal ini terjadi pada penggunaan fluida yang tidak sesuai, dan kotoran-kotoran yang dihadirkan oleh bram-bram sewaktu perbaikan komponen.

Fluida bertekanan tinggi dalam jumlah yang besar membawa kotoran-kotoran melalui sistem atau mengendapkan dalam ruangan yang sempit pada pompa, katup, elemen penggerak, dan motor tidak habisnya. Apabila kotoran-kotoran tersebut tidak disaring sistem itu lambat laun akan macet, atau justru dalam waktu yang pendek bisa menyebabkan keausan yang besar. Keausan ini ditimbulkan oleh adanya gesekan antara elemen-elemen bergerak dengan fluida yang mengandung kotoran (terak). Karena demikian kebocoran yang timbuI akan semakin besar, sehingga rugi-rugi tenaganya bertambah besar.



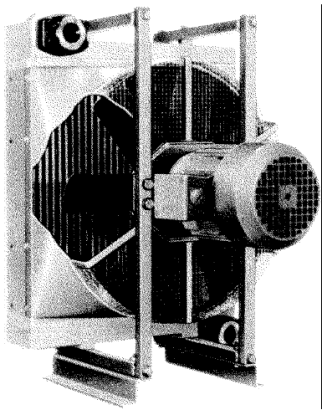
Gambar 38. Pengaruh kotoran

3.7 Pendingin

Fluida hidrolik dapat meningkat temperaturnya akibat kehilangan energi yang disebabkan oleh gesekan di sepanjang saluran, katup, dan komponen-komponen lainnya. Pendinginan diperlukan untuk membatasi temperatur fluida hidrolik tersebut agar tidak melebihi batas temperatur yang ijinkan, yaitu berkisar antara 50˚C - 60˚C. Perlu diketahui bahwa temperatur operasi yang berlebihan dapat menyebabkan perubahan viskositas fluida hidrolik dan mengurangi umur seal. Adapun sistem pendingin yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

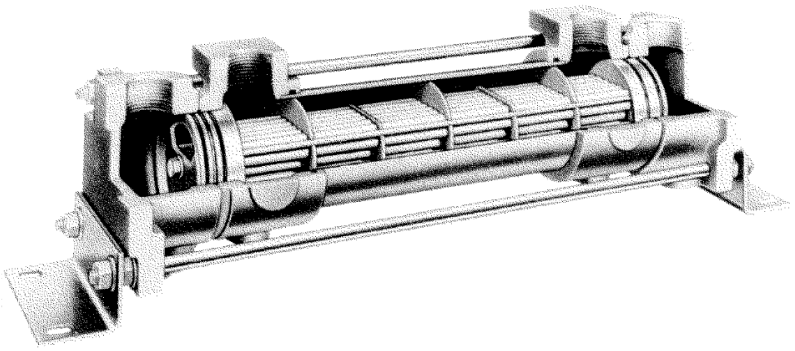
- Pendingin udara, digunakan untuk selisih temperatur lebih dari 25˚C.
- Pendingin air, digunakan untuk selisih temperatur lebih dari 35˚C.

Pada pendingin udara, fluida yang datang dari sistem mengalir kembali ke dalam sistem melalui tabung pendingin dengan memakai kipas (baling-baling). Udara mengalir melewati pipa yang dibelok-belokkan pada suatu tempat dan fluida hidrolik mengalir di sekeliling pipa. Dengan demikian akan terjadi pemindahan panas dari oli ke udara. Keuntungan pemakaian sistem ini adalah udara dingin yang diperlukan tersedia di sembarang tempat, biaya operasi yang murah, dan mudah diinstalalasikan, namun dapat menghasilkan suara kebisingan saat operasinya.



Gambar 39. Pendingin Udara

Pada pendingin air, air digunakan sebagai media penyerap panasnya. Pada sistem ini baik fluida hidrolik maupun air dialirkan dalam suatu pipa berbelok-belok dalam suatu sistem (tempat tertentu) dan di sekelilingnya dilingkupi oleh aliran air atau oli, tinggal bahan mana yang dipilih harus melewati pipa pendinginnya. Sistem pendingin air memberikan angka pendinginan yang lebih memuaskan karena media pendingin air mempunyai angka penyerapan panas yang besar, serta air mudah dan murah didapatkan, namun biaya operasinya mahal dan rentan terjadinya kontaminasi dan korosi. Perbedaannya dengan pendingin udara bahwa udara dapat diambil dan dibuang di sembarang tempat, tetapi air harus memerlukan tempat penampungan.



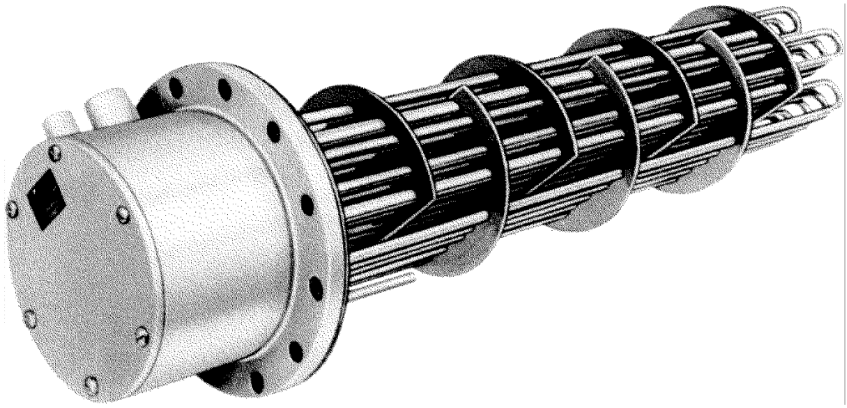
Gambar 40. Pendingin air

Untuk mengontrol suhu fluida dalam sistem digunakan termometer, dan untuk melengkapi kerja otomatis sistem digunakan termostat. Dengan dua alat ini suhu operasi akan selalu dicapai. Termostat bekerja apabila suhu oli di bawah suhu operasi dan akan mati apabila suhu operasi telah dicapai, dengan demikian suhu fluida hidrolik akan konstan.

3.8 Pemanas

Pemanas sering digunakan untuk mencapai temperatur operasi dengan cepat agar viskositas optimum dari fluida hidrolik dapat segera tercapai, terutama pada saat start-up. Pemanas ini diperlukan dalam sistem hidrolik karena viskositas

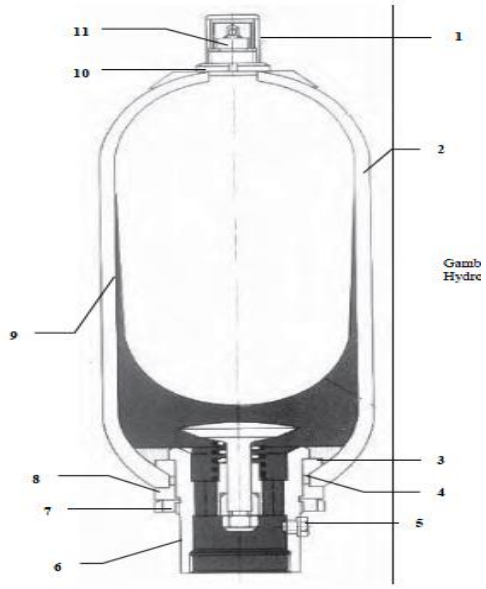
yang terlalu tinggi dapat meningkatkan gesekan dan kavitasi yang menyebabkan keausan saluran atau komponen sistem hidrolik.



Gambar 41. Pemanas

3.9 Akumulator

Akumulator adalah suatu komponen hidrolik yang berupa tabung, dimana berfungsi untuk menyimpan fluida bertekanan dan meredam kejutan pada sistem hidrolik. Selain fungsi tersebut, akumulator juga memiliki fungsi lain, yaitu menyimpan energi, menjaga tekanan sistem agar tetap konstan, sumber kebutuhan daya mendadak, meredam muai panas, meredam kejutan dan menaikkan tekanan secara perlahan. Adapun konstruksi akumulator adalah sebagai berikut:



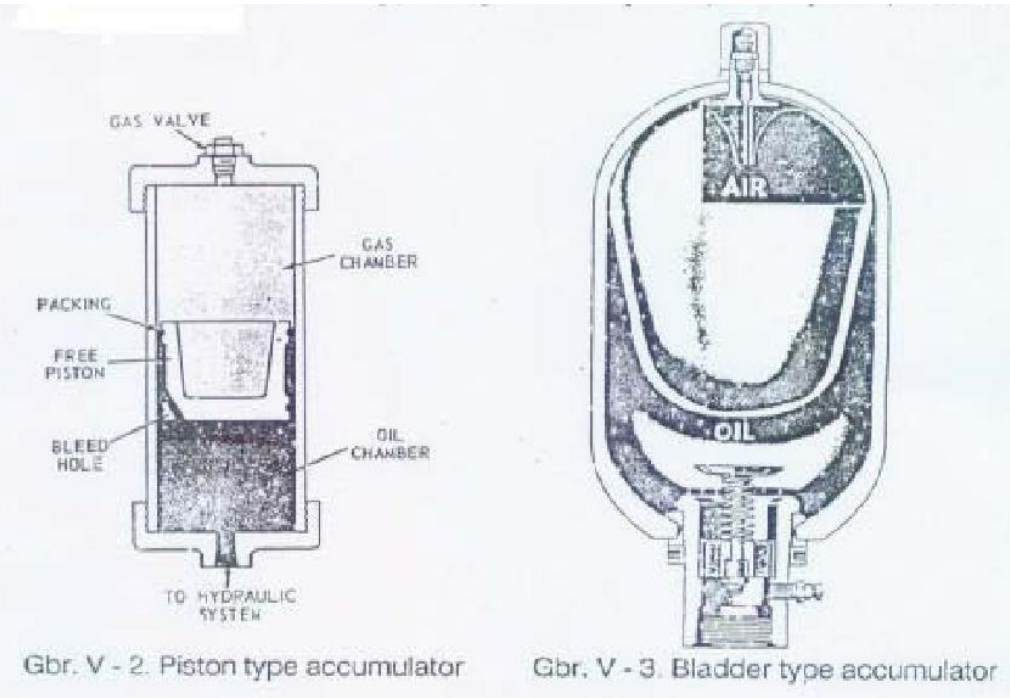
1. Sealing Cap
2. Bladder
3. Split ring
4. Sealing ring
5. Vent screw
6. Fluid valve
7. Clamp nut
8. Spacer ring
9. Pressure vessel
10. Retaining nut
11. Gas Valve

Gambar 42. Konstruksi akumulator

Akumulator memiliki beberapa jenis yang menarik untuk diketahui. Jenis-jenis akumulator tersebut adalah sebagai berikut:

3.9.1 Pneumatic Accumulator (Gas Loaded)

Sesuai dengan namanya, akumulator ini bekerja berdasarkan pemampatan gas. Di dalam akumulator gas dan oli berada di satu tempat. Ketika tekanan oli naik, oli masuk dan memampatkan gas. Ketika tekanan oli turun, gas mengembung dan mendorong oli keluar. Pemisahan oli dan gas dapat dilakukan menggunakan piston, bladder atau diaphragma.

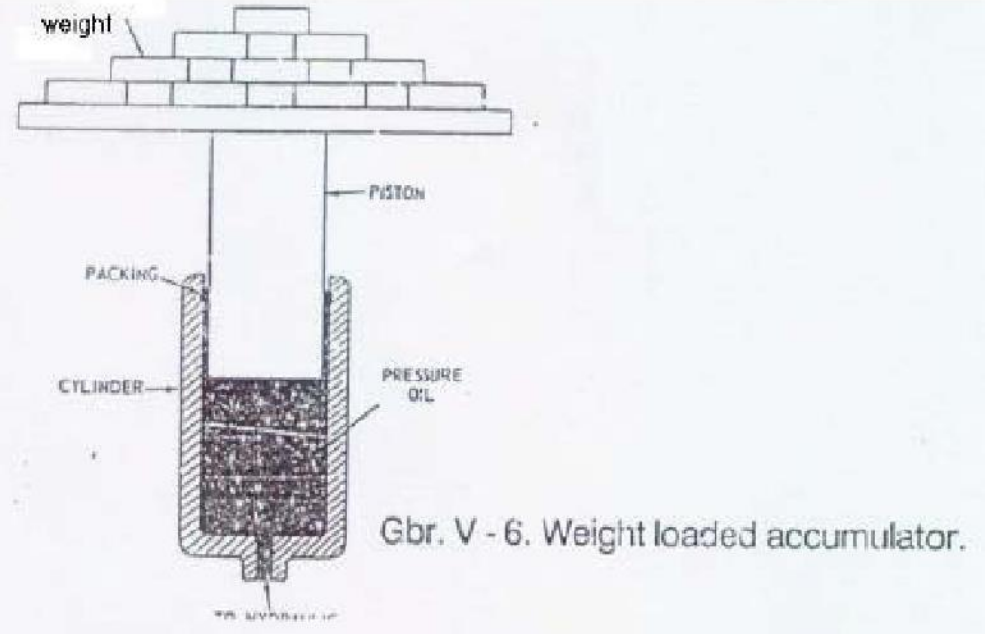


Gambar 43. PneumaticAccumulator

3.9.2 Weight Loaded

Akumulator ini menggunakan piston dan cylinder dengan pemberat yang di tempatkan pada piston, sehingga dapat melakukan loading atau charging oli. Loading dilakukan berdasarkan gaya gravitasi. Tekanan oli pada sirkuit hidrolik didorong masuk ke oil chamber bagian bawah, sehingga mengangkat piston dan pemberat. Hal tersebut menyebabkan accumulator menjadi bertekanan (charging) dan siap untuk bekerja. Ketika oli dibutuhkan, tekanan dalam sistem turun dan gaya gravitasi menyebabkan pemberat dan piston turun, sehingga oli masuk ke dalam sistem.

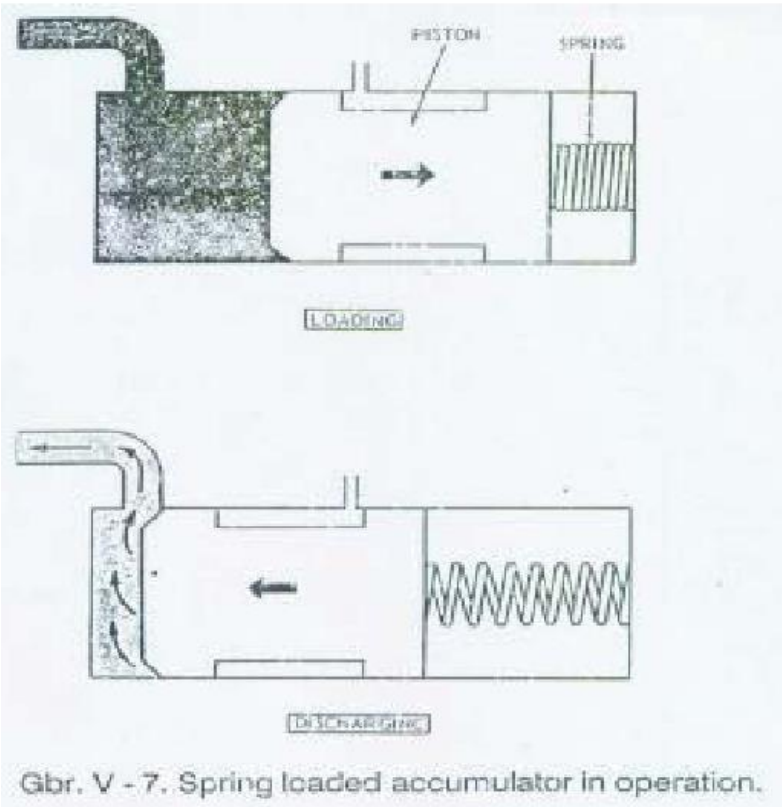
Keuntungan dari weight loaded akumulator adalah memungkinkan tekanan menjadi tetap. Kerugiannya adalah kesulitan operasi apabila beban pemberat terlalu besar.



Gambar 44. Weight loaded accumulator

3.9.3 Spring Loaded Accumulator

Prinsip kerja akumulator ini sama dengan akumulator jenis wight loaded, namun menggunakan pegas sebagai loading. Ketika beroperasi tekanan oli bekerja pada piston dengan menekan pegas. Ketika tekanan menurun, gaya pegas akan mendorong oli masuk ke dalam sistem.



Gambar 45. Spring loaded accumulator

BAB IV
KATUP HIDROLIK

Tujuan Pembelajaran Umum

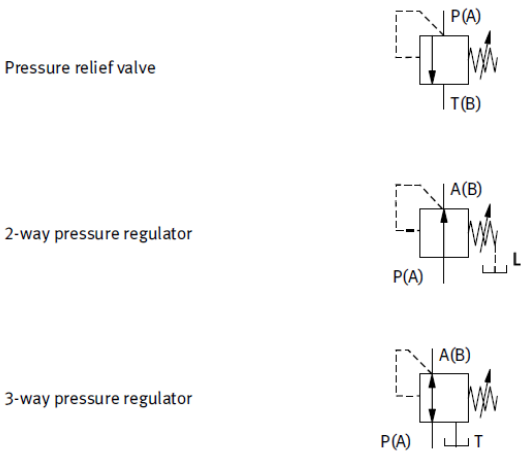
1. Menjelaskan tentang macam-macam katup hidrolik beserta fungsi dan konstruksinya.

Tujuan Pembelajaran Khusus

1. Menjelaskan macam-macam dan fungsi katup tekanan yaitu *pressure relief valve* dan *pressure regulator* yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur tekanan kerja sistem hidrolik
2. Menjelaskan macam-macam dan fungsi katup kontrol arah aliran / *directional control valve (DCV)*
3. Menjelaskan macam-macam dan fungsi katup kontrol aliran (*flow control valve*)
4. Menjelaskan macam-macam dan fungsi katup satu arah (*non return valve)*

4.1 Katup Tekanan

Katup tekanan berfungsi untuk mengatur tekanan kerja pada sistem hidrolik. Secara umum, katup tekanan dikelompokan menjadi dua, yaitu: pressure relief valve dan pressure regulator. Pressure relief valve berfungsi untuk membatasi tekanan sistem sesuai pengaturannya dan pemantauan dilakukan pada tekanan inputnya. Sedangkan pressure regulator berfungsi untuk mengurangi tekanan output dari tekanan input yang berfluktuasi dan pemantauan dilakukan pada tekanan outputnya. Adapun simbol dari kedua katup tekanan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 46. Simbol-simbol katup tekanan

4.1.1 Pressure Relief Valve

Pressure relief valve biasanya digunakan untuk melindungi sistem hidrolik dari beban yang berlebih. Jika katup ini tidak diinstalasikan, beban yang berlebih tersebut dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada komponen-komponen sistem hidrolik, seperti pompa, aktuator, dan selang. Selain fungsi tersebut, pressure relief valve juga digunakan sebagai:

a. Katup pengaman

   Presure relief valve dapat digunakan untuk menghindari tekanan berlebih pada pompa. Oleh karena itu, katup ini merupakan komponen yang selalu ada di dalam *power package* sistem hidrolik.

b. Brake valves

   Pressure relive valve dapat mengindari terjadinya tekanan maksimum yang disebabkan oleh penutupan katup kontrol arah secara tiba-tiba.

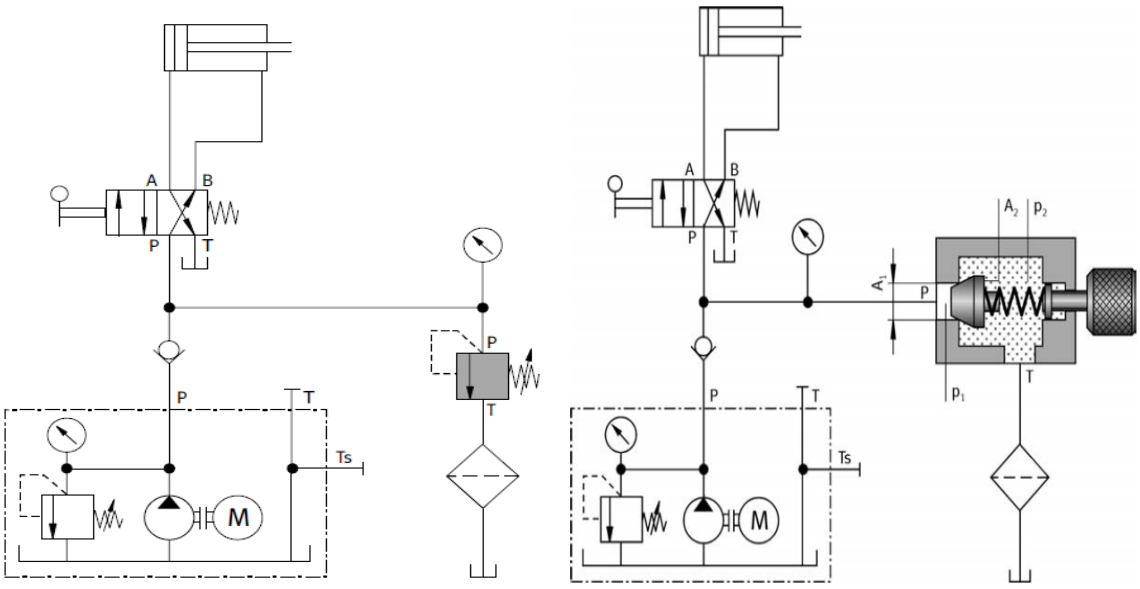
c. Sequence valve

   Pressure relive valve ini dapat digunakan sebagai sequence valve berbasis tekanan, yaitu menghubungkan suatu peralatan dengan peralatan lain ketika tekanan pengaturannya tercapai.

P ressure relief valve bekerja berdasarkan hukum pascal, dimana tekanan (P) yang bekerja pada suatu luasan (A) akan menghasilkan gaya (F) sebesar:

$$F = P \cdot A$$

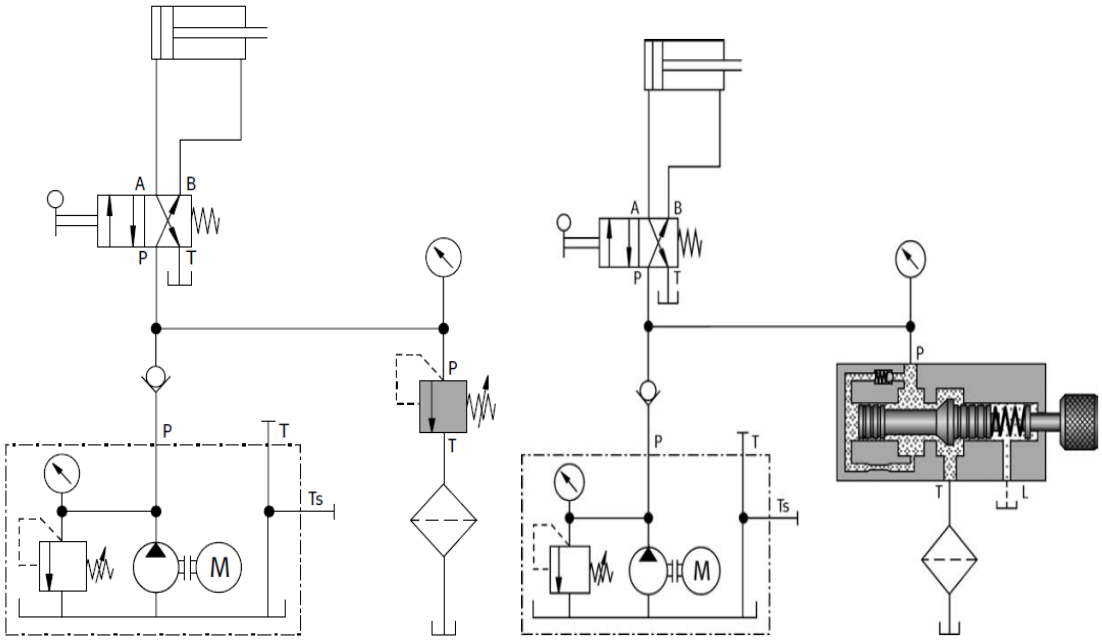
Pada kondisi normalnya, gaya pegas menekan komponen penutup, sehingga saluran masuk katup tertutup oleh komponen penutup tersebut. Ketika tekanan fluida hidrolik telah melebihi gaya pegas, maka komponen penutup akan membuka saluran katup, sehingga fluida hidrolik akan menuju tangki melalui saluran keluar katup. Cara kerja ini dapat dengan mudah dipahami jika memperhatikan diagram sistem hidrolik berikut ini:



Gambar 47. Pressure relive valve

Pada perkembangannya, kini pressure relieve valve dilengkapi dengan cushioning piston untuk mengatasi fluktuasi tekanan pada katup. Selain itu, cushioning piston dapat menghindari terjadinya detonasi yang diakibatkan oleh penutupan katup secara tiba-tiba. Hal ini dapat terjadi karena pressure relief valve dengan cushioning piston dapat memperlambat penutupan katup.

Pada diagram sistem hidrolik di bawah ini, fluida hidrolik dengan tekanan maksimum dialirkan oleh pompa menuju tangki dengan melalui pressure relief valve. Ketika katup kontrol arah diaktuasikan, maka tekanan di pressure relief valve akan menurun secara tiba-tiba. Pressure relief valve dengan cushioning piston akan menghadapi kondisi tersebut dengan menutup katup secara perlahan, sehingga tidak akan menimbulkan detonasi tekanan.



Gambar 48. Pressure relieve valve with cushioning

4.1.2 Pressure Regulator

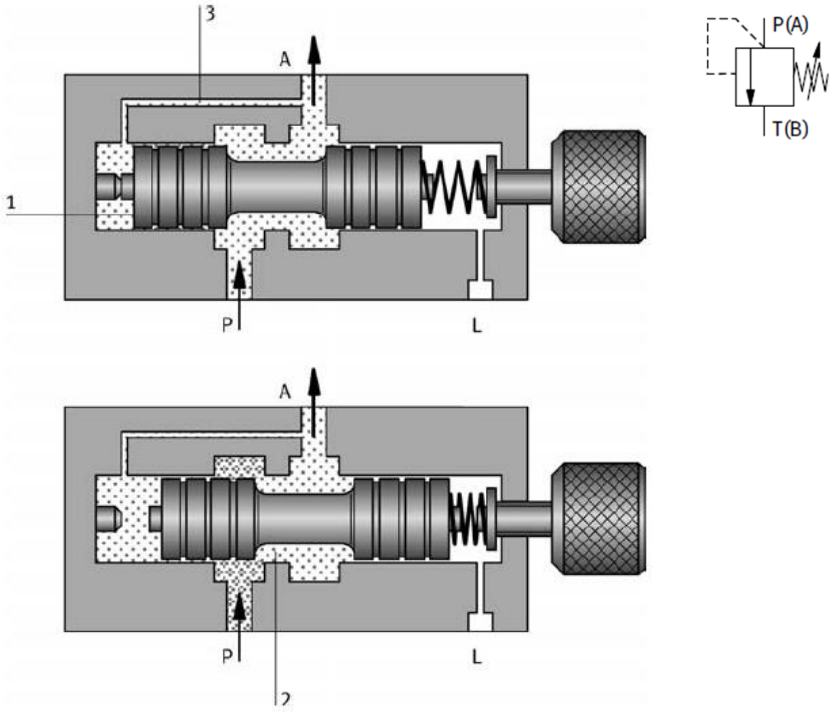
Pressure regulator bekerja dengan mengurangi tekanan input untuk mencapai tekanan output yang diinginkan. Katup ini hanya digunakan untuk sistem hidrolik yang membutuhkan perbedaan tekanan di antara aktuator-aktuatornya. Selain itu, katup ini juga digunakan untuk alat pencekaman yang membutuhkan tekanan rendah yang konstan.

Berdasarkan konstruksinya, pressure regulator di bedakan menjadi dua jenis, yaitu 2-way pressure regulator dan 3-way pressure regulator.

a. 2-way pressure regulator

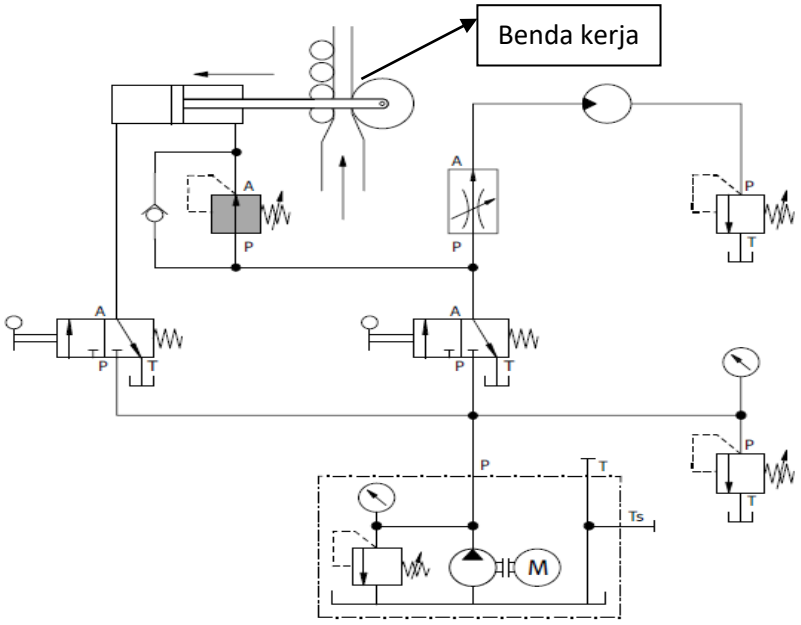
Konstruksi dari 2-way pressure regulator ditunjukan oleh Gambar 49, dimana pressure regulator jenis ini hanya memiliki dua buah saluran, yaitu saluran input (P) dan saluran output (A). Pada posisi normalnya, saluran P mengalirkan fluida hidrolik bertekanan menuju A dan fluida tersebut juga akan mengalir menuju permukaan piston dalam katup (1) melalui saluran kontrol (3). Ketika saluran output katup mengalami kenaikan tekanan, tekanan tersebut akan bekerja pada luasan piston katup (3) dan menghasilkan

gaya dorong. Jika gaya dorong tersebut telah melebihi gaya pegas, maka piston katup akan bergeser menutup saluran input (P).



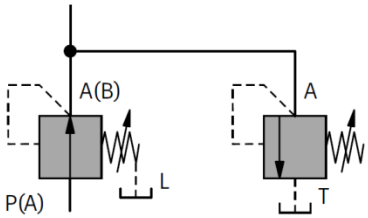
Gambar 49. 2-way pressure regulator

Pada aplikasinya, 2-way pressure regulator jarang sekali digunakan karena memiliki kelemahan dalam operasinya. Salah satu kelemahan tersebut adalah tidak mampu menangani kenaikan tekanan yang berlebihan di saluran outputnya, sehingga dapat merusak komponen katup dan komponen yang diinstalasikan dengannya. Adapun permasalahan ini dapat dijelaskan dengan memperhatikan diagram sistem hidrolik berikut ini:



Gambar 50. Pemasalahan 2-way pressure regulator

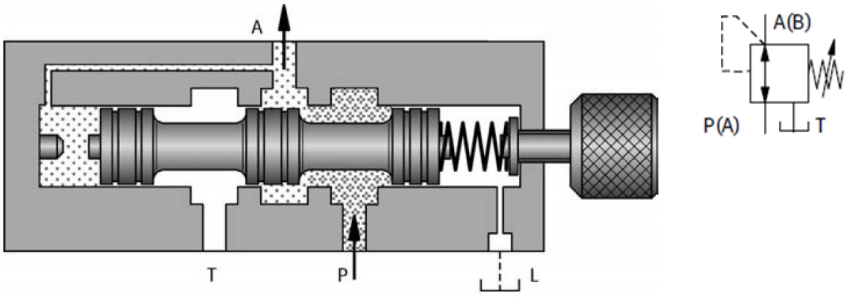
Ketika 2-way pressure regulator sudah tertutup, maka penebalan benda kerja dapat menyebabkan kenaikan tekanan pada saluran output (A) pressure regulator. Kenaikan tekanan yang melebihi batas tertentu tidak boleh terjadi karena dapat merusak katup dan silindernya. Sebenarnya permasalahan ini dapat diatasi dengan menambahkan pressure regulator di saluran outputnya atau mengganti katup tekanan dengan katup tekanan jenis 3-way pressure regulator.



Gambar 51. 2-way pressure regulator dan pressure relief valve

b. 3-pressure regulator

Konstruksi 3-way pressure regulator terdiri dari piston sebagai komponen penutup dan tiga buah saluran, yaitu saluran output (A), saluran input (P), dan saluran tangki (T). Kenaikan tekanan yang melebihi batas tertentu pada saluran output (A) dapat menyebabkan piston katup bergeser, sehingga menutup saluran P ke A dan membuka saluran A ke T. Hal ini dapat mengatasi kelebihan tekanan di saluran output dengan mengalirkan fluida hidrolik menuju tangki melalui saluran T. Adapun konstruksi dari 3-way pressure regulator adalah sebagai berikut:



Gambar 52. Konstruksi 3-pressure regulator

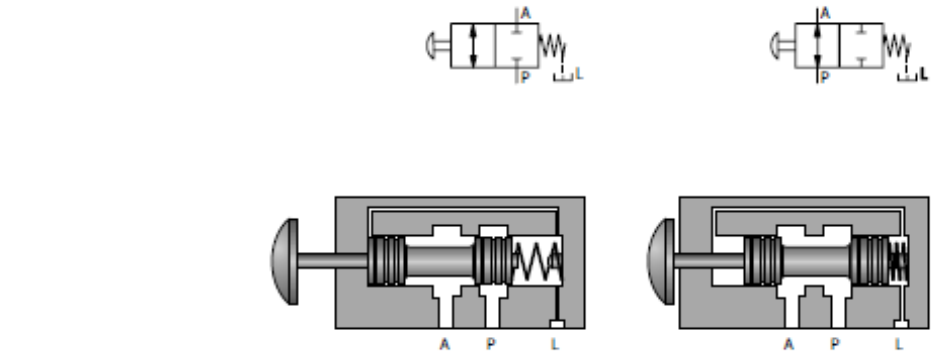
4.2 Katup Kontrol Arah

Katup kontrol arah adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah, membuka dan menutup jalur aliran fluida hidrolik. Pada dasarnya, katup ini digunakan untuk mengatur arah gerakan dari aktuator. Berdasarkan jumlah salurannya, katup kontrol arah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- 2/2-way valve
- 3/2 way-valve
- 4/2 way valve
- 5/2 way valve
- 4/3 way valve

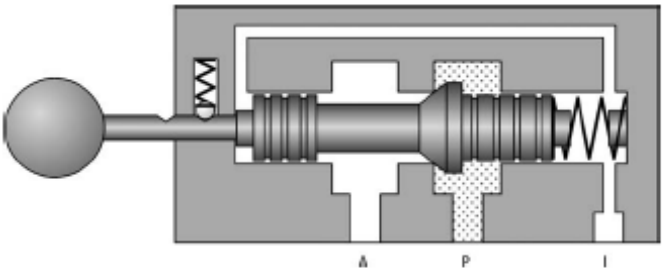
4.2.1 2/2-Way Valve

Katup 2/2-way valve hanya memiliki dua saluran, yaitu saluran tekanan (P) dan saluran kerja (A). Kontruksi dan simbol dari katup ini dapat dilihat pada gambar berikut:



2/2 way valve, spool design

- Normal position: P to A closed
- Actuated position: Flow from P to A

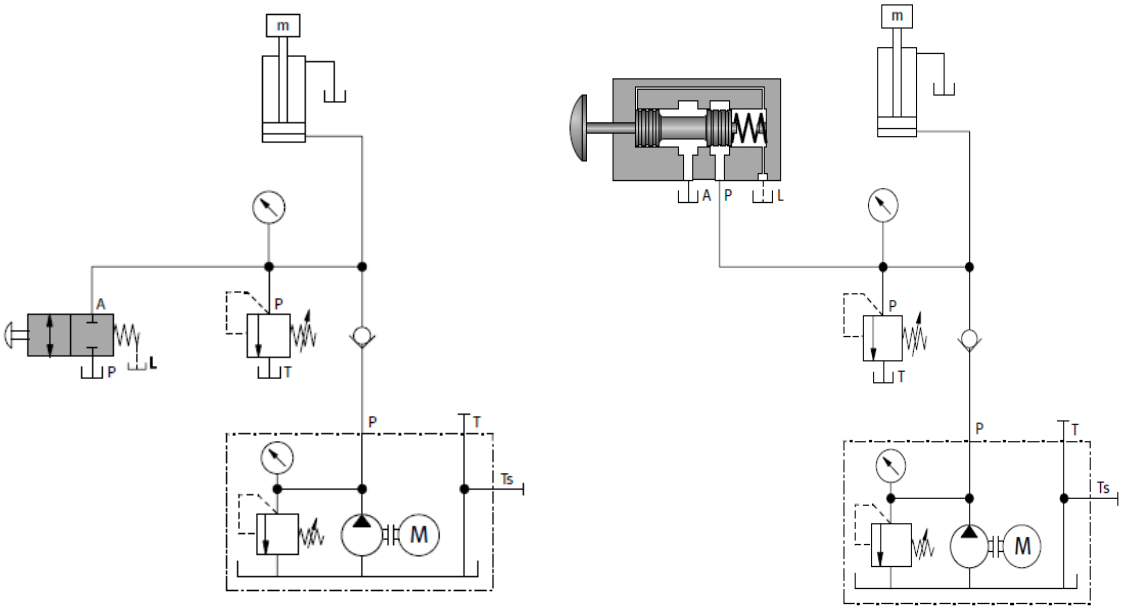


2/2-way valve, poppet design

Gambar 53. Simbol dan Konstruksi Katup 2/2 Way Valve

Katup 2/2 way valve dapat digunakan untuk aplikasi berikut ini:

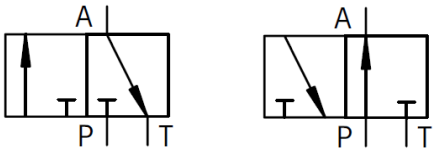
- Sebagai katup by-pass.
- Sebagai katup yang memutus-hubungkan aliran atau tekanan.
- Menjalankan motor satu arah.
- Menjalankan silinder kerja ganda.



Gambar 54. Aplikasi 2/2-way valve

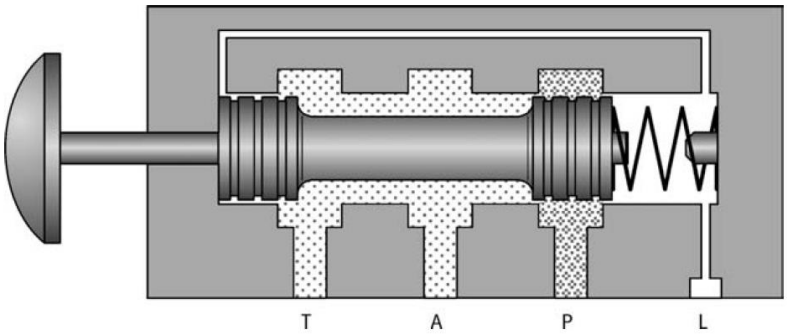
4.2.2 3/2-Way Valve

Katup 3/2-way valve memiliki tiga buah saluran, yaitu saluran kerja (A), saluran tekanan (P) dan saluran tangki (T). Pada katup ini dikenal katup normally open dan katup normall close. Pada katup normally close, posisi normal katup saluran P tidak terhubung ke saluran A, untuk katup normally open adalah sebaliknya.

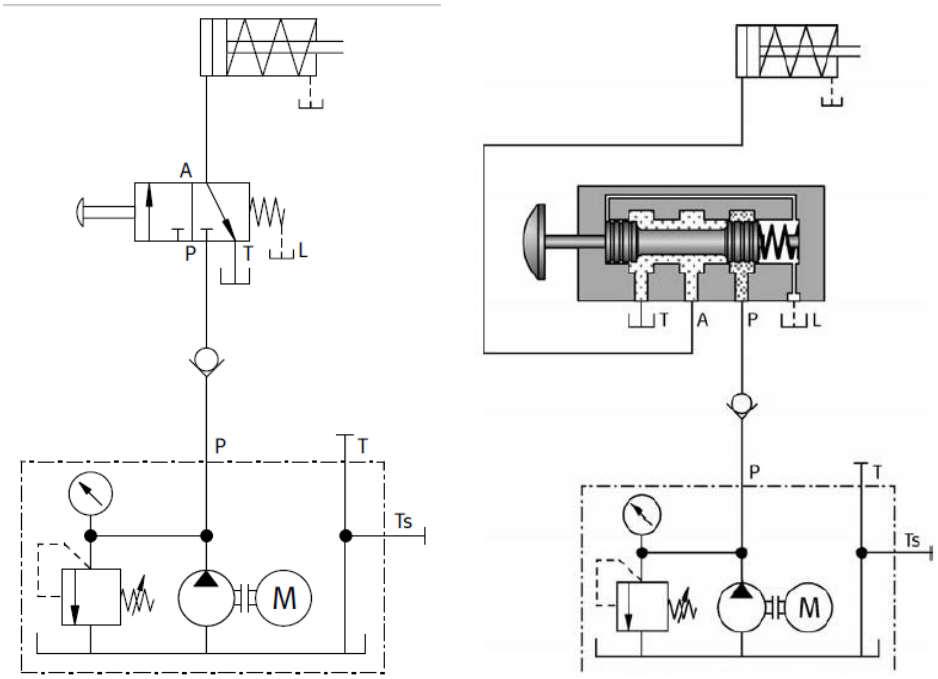


Gambar 55. 3/2-way valve

Adapun konstruksi dan contoh penggunaan katup 3/2-way valve adalah sebagai berikut:



Gambar 56. Konstruksi 3/2-way valve



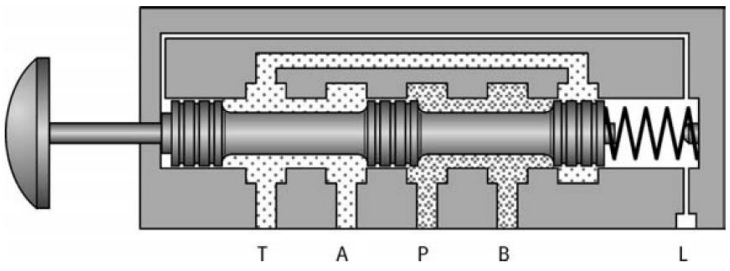
Gambar 57. Aplikasi 3/2-way valve

4.2.3 4/2-Way Valve

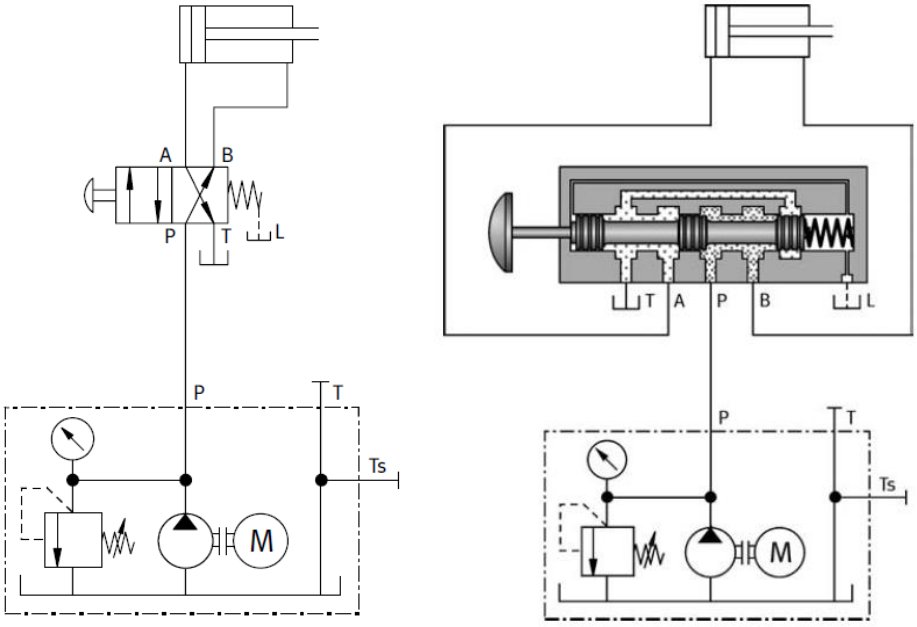
Katup 4/2-way valve memiliki dua saluran kerja (A, B) dan satu saluran tekanan (P), serta satu saluran tangki (T). Katup ini dapat digunakan untuk aplikasi:

- Menggerakan silinder kerja ganda
- Menggerakan motor dua arah putar
- Menggerakan dua buah rangkaian

Adapun konstruksi dan contoh diagram dari aplikasi katup 4/2-way valve ini adalah sebagai berikut:



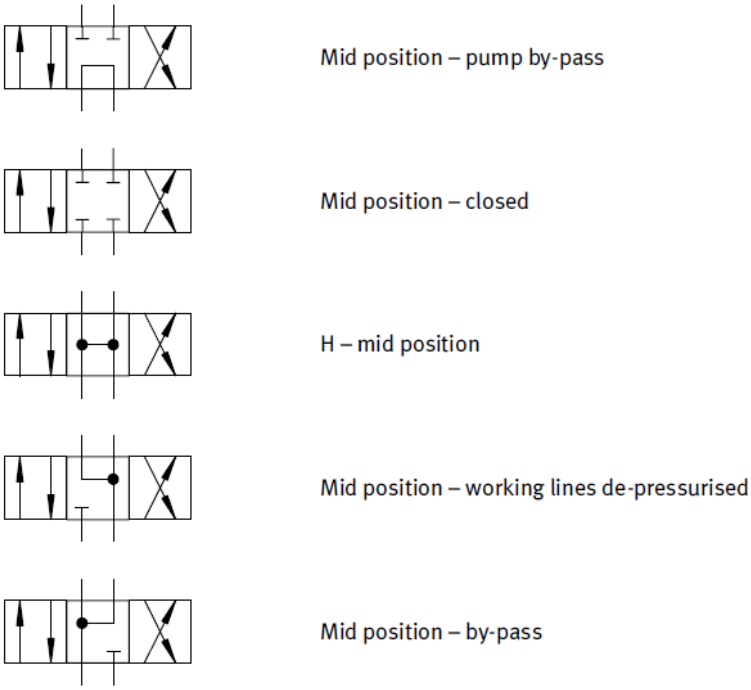
Gambar 58. Konstruksi 4/2-way valve



Gambar 59. Aplikasi 4/2-way valve

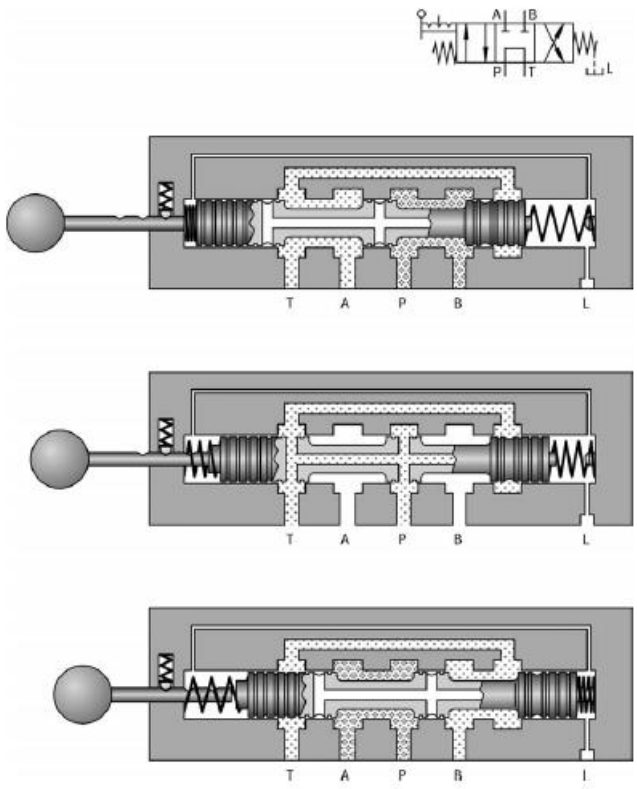
4.2.4 4/3-Way Valve

Katup 4/3-way valve memiliki empat buah saluran, yaitu saluran kerja (A, B), saluran tekanan (P), dan saluran tangki (T), serta memiliki tiga posisi katup. Aplikasi utama dari katup ini adalah untuk menggerakan silinder kerja tunggal dan motor agar dapat berhenti dan berubah arah gerakannya. Katup ini memiliki jenis yang beragam, seperti yang ditunjukan oleh gambar berikut:

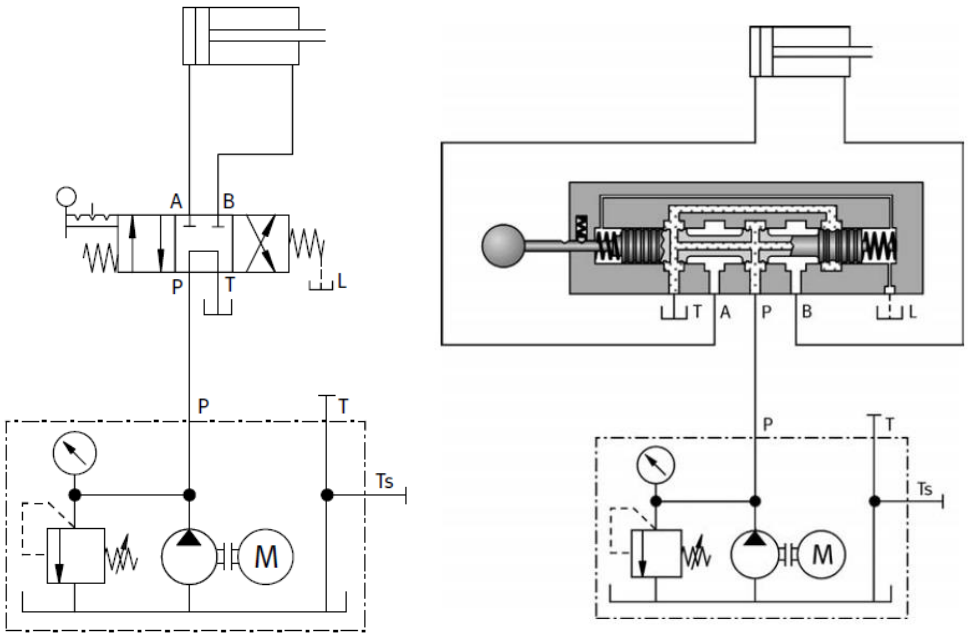


Gambar 60. Jenis 4/3-way valve

Adapun konstruksi dan contoh penggunaan katup 4/3-way valve ditunjukan oleh gambar berikut ini:



Gambar 61. Konstruksi 4/3-way valve

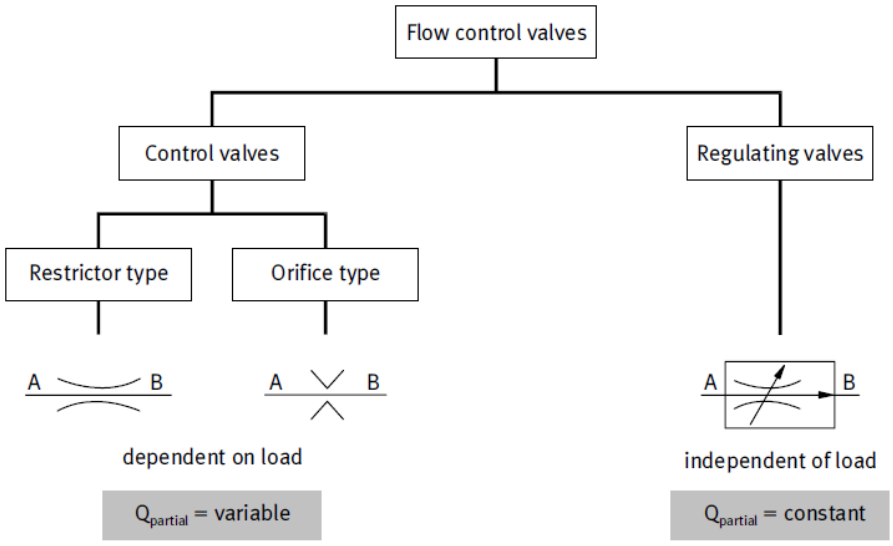


Gambar 62. Aplikasi 4/3-way valve

4.3 Katup Kontrol Aliran

Katup kontrol aliran digunakan untuk mengatur kecepatan gerak dari silinder hidrolik dan kecepatan putar dari motor hidrolik. Kecepatan aktuator tersebut dapat dikurangi dengan cara mempersempit bidang melintang katup, sehingga laju aliran dari fluida hidrolik berkurang. Penyempitan bidang melintang katup menyebabkan kenaikan tekanan pada sisi masuk katup, sehingga pressure relief valve terbuka dan mengalirkan sebagian aliran fluida hidrolik menuju tangki. Hal ini mengakibatkan hanya sebagian energi saja yang menuju aktuator, sehingga mengurangi kecepatan aktuator.

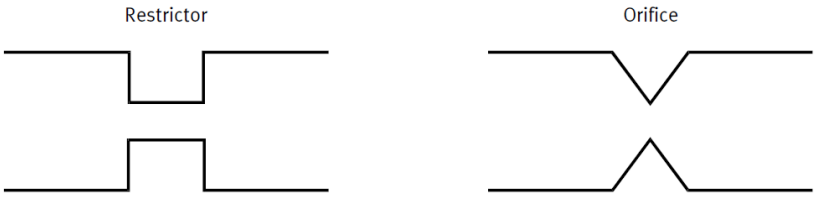
Pada sistem hidrolik, katup kontrol aliran diklasifikasikan berdasarkan fungsi kontrolnya, yaitu flow control valve dan regulating valve.



Gambar 63. Klasifikasi katup kontrol aliran

4.3.1 Katup Restrictor dan Orifice

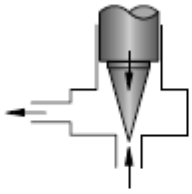
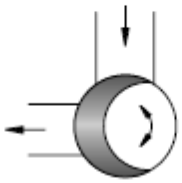
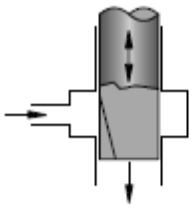
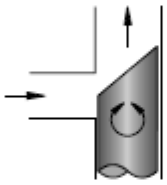
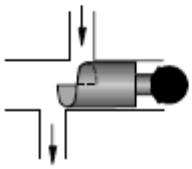
Katup restrictor dan orifice memiliki bentuk geometris berupa bidang menyempit yang memberikan hambatan kepada fluida hidrolik untuk mengalir. Besarnya hambatan tersebut bergantung kepada bentuk katup dan viskositas dari fluida hidrolik. Penggunaan kedua katup ini selalu bekerja sama dengan pressure relief valve karena katup akan menyebabkan kenaikan tekanan fluida hidrolik di sisi masuk katup, sehingga pressure relief valve terbuka dan mengalirkan sebagian fluida menuju tangki. Adapun bentuk dari orifice dan restrictor adalah sebagai berikut:



Gambar 64. Restrictor dan orifice

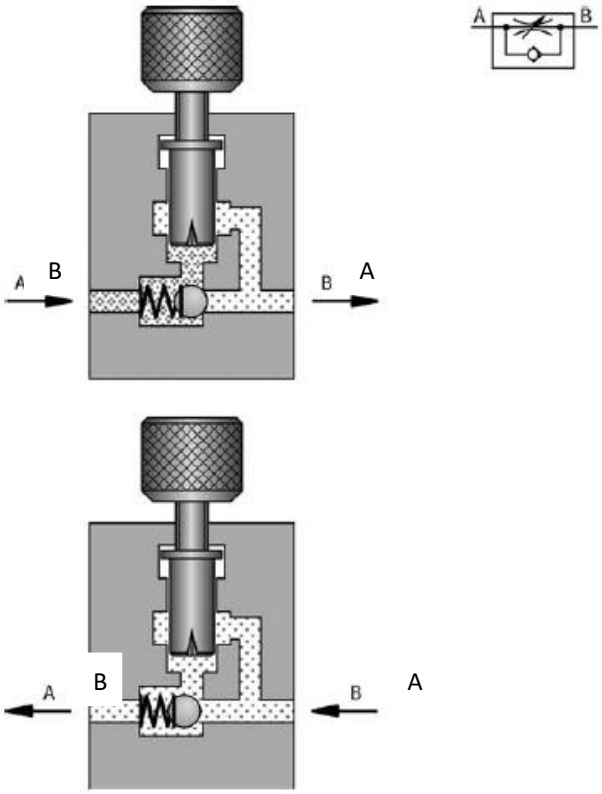
Pada umumnya, katup restrictor memiliki besar penyempitan yang dapat diatur, katup ini dinamakan *adjustable restrictor*. Katup ini memiliki berbagai jenis dengan konstruksi dan sifat yang berbeda-beda. Adapun jenis-jenis dari adjustable restrictor ditunjukan oleh tabel berikut ini:

Tabel 2. Adjustable restrictor

Type		Resistance	Dependence on viscosity	Ease of adjustment	Design
	Needle restrictor	Increase in velocity, high friction owing to long throttling path	Considerable owing to high friction	Excessive cross-sectional enlargement with a short adjustment travel, unfavourable ratio area to control surface	Economical, simple design
	Circum-ferential restrictor	As above	As above, but lower than for the needle restrictor	Steadier cross-sectional enlargement, even ratio area to control surface, total adjustment travel only 90°.	Economical, simple design, more complicated than the needle restrictor
	Longitudinal restrictor	As above	As above	As above, however sensitive adjustment owing to long adjustment travel	As for circumferential restrictor
	Gap restrictor	Main part: increase in velocity, low friction, short throttling path	Low	Unfavourable, even cross-sectional enlargement, adjustment travel of 180°	Economical
	Gap restrictor with helix	Increase in velocity, maximum friction	Independent	Sensitive, even cross-sectional enlarge-ment, adjustment travel of 360°	Expensive to produce helix

4.3.2 One-Way Flow Control Valve

Konstruksi one-way flow control valve merupakan penggabungan antara restrictor dan katup satu arah. Pada katup ini, pengaturan aliran hanya dapat dilakukan di satu arah aliran saja, sedangkan aliran dari arah yang berlawanan dapat mengalir seluruhnya karena tidak melalui restrictor. Adapun konstruksi dan cara kerja dari one-way flow control valve dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 65. Konstruksi one way flow control

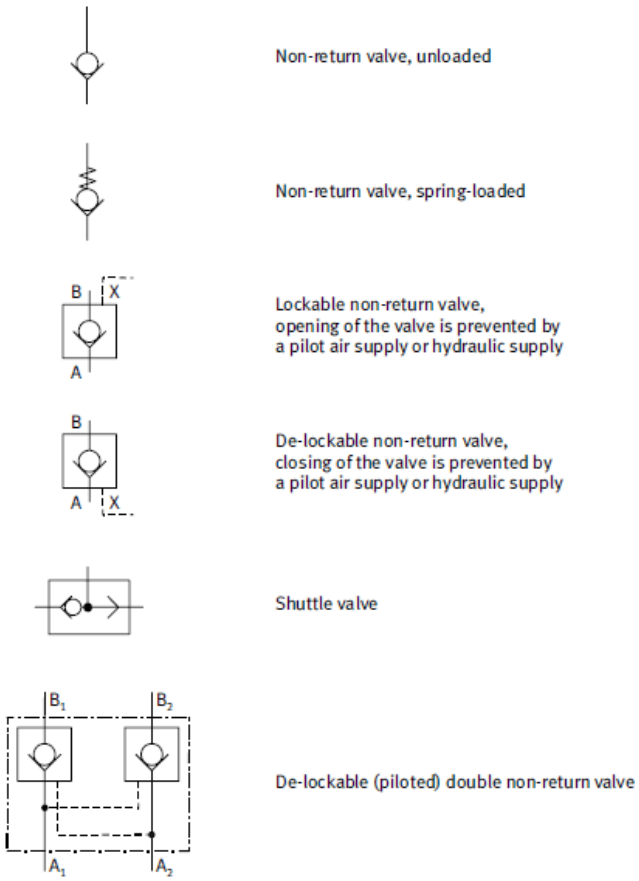
Ketika fluida hidrolik mengalir dari A ke B, bola (komponen penutup) pada katup satu arah menutup salurannya, sehingga mengakibatkan fluida mengalir melalui restrictor. Restrictor menghambat aliran fluida hidrolik, sehingga daya fluida yang keluar dari katup berkurang. Kemudian ketika fluida hidrolik mengalir dari B ke A, bola (komponen penutup) pada katup satu arah akan terangkat oleh aliran fluida, sehingga membuka salurannya. Kondisi ini menyebabkan seluruh aliran fluida mengalir melalui katup satu arah.

4.4 Katup Satu Arah (Non-Return Valve)

Katup satu arah berfungsi untuk mengalirkan fluida hidrolik hanya pada satu arah aliran saja dan menutup aliran pada arah yang berlawanan. Pada katup ini, terdapat komponen penutup berbentuk bola atau kerucut yang akan menutup aliran ketika fluida mengalir ke arah yang berlawanan. Katup akan terbuka karena komponen penutup terangkat oleh aliran fluida dengan arah aliran yang tepat.

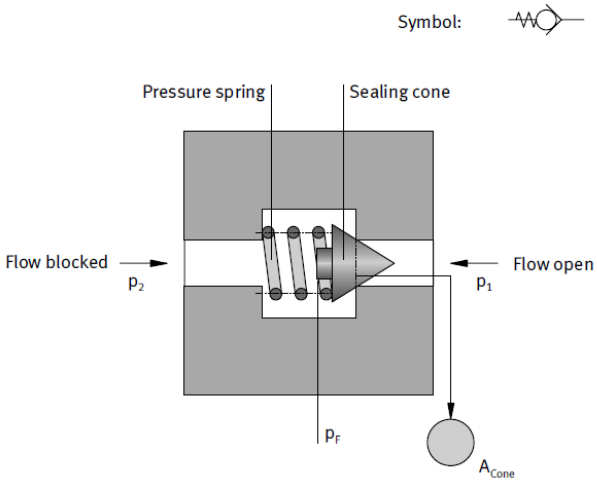
Secara umum, katup satu arah dapat dikelompokan menjadi dua bagian, yaitu:

- Non-return valve (unloaded, spring loaded).
- Lockable and unlockable non-return valve.



Gambar 66. Jenis katup satu arah

4.4.1 Spring Loaded Non-Return Valve



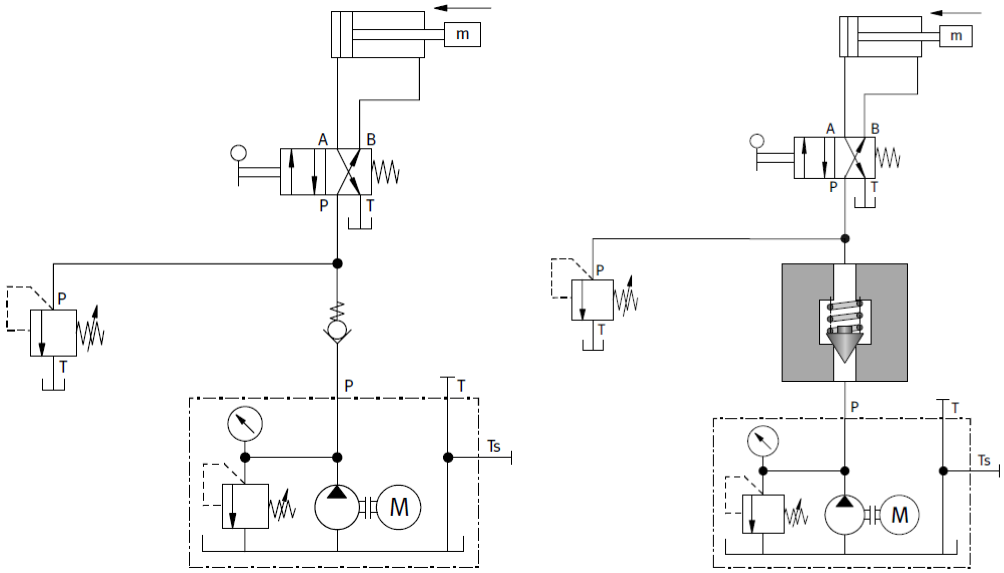
Gambar 67. Konstruksi spring loaded non-return valve

Ketika tekanan P_1 bekerja pada komponen penutup, maka komponen tersebut akan terdorong membuka saluran dan mengalirkan fluida hidrolik. Sebaliknya, ketika tekanan P_2 bekerja pada komponen penutup, maka tekanan tersebut akan menekan komponen penutup dan menutup saluran, sehingga fluida hidrolik

tidak dapat mengalir. Katup ini dapat mengalirkan aliran dari arah P_1 jika persyaratan di bawah ini terpenuhi.

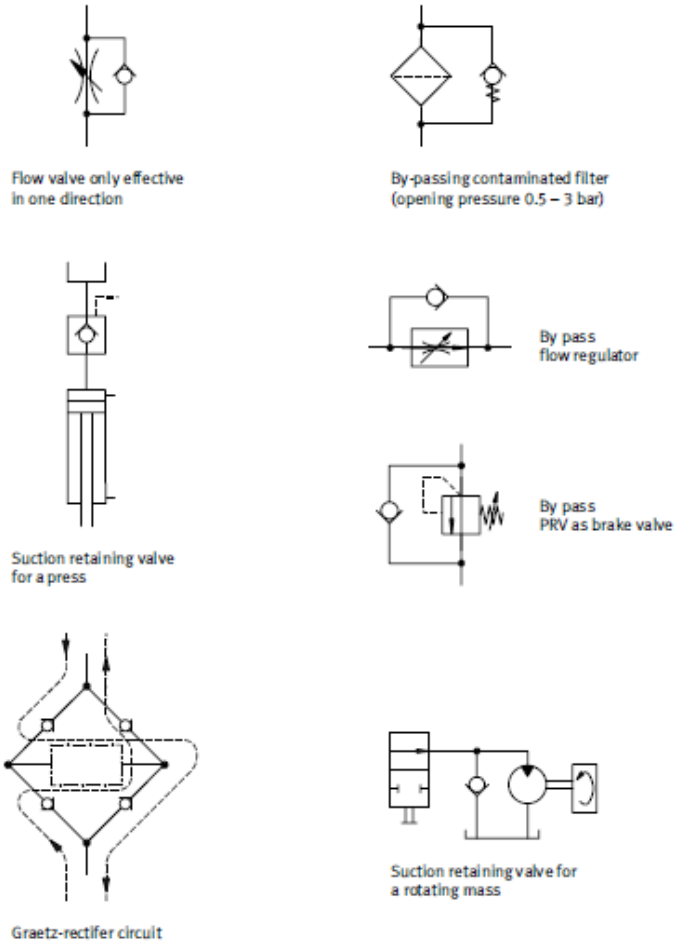
$$P_1 > P_2 + P_{spring}$$

Salah satu aplikasi dari spring loaded non-return valve adalah untuk melindungi pompa dari tekanan balik fluida. Ketika motor penggerak tidak menyala, maka tekanan fluida tidak akan menuju pompa, tetapi tertahan oleh katup satu arah dan mengalir melalui pressure relief valve, sehingga tekanan tersebut tidak akan mempengaruhi pompa. Diagram sederhana dari aplikasi ini ditunjukan oleh gambar di bawah ini:



Gambar 68. Aplikasi spring loaded non-return valve

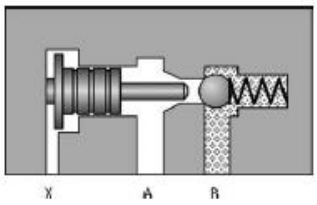
Aplikasi-aplikasi lain dari spring loaded non-return valve diperlihatkan oleh gambar di bawah ini:



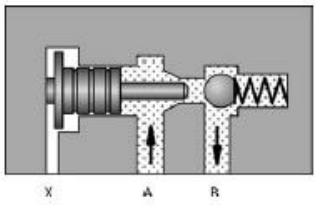
Gambar 69. Aplikasi spring loaded non-return valve

4.4.2 Piloted Non-Return Valve

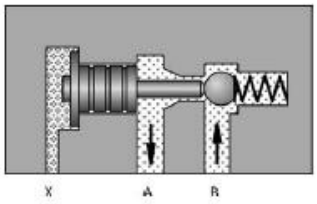
Pada piloted non-return valve, komponen penutup dapat terangkat membuka saluran dengan menggunakan *pilot control* meskipun arah alirannya berlawanan. Perhatikan gambar di bawah, ketika pilot kontrol (X) tidak ada fluida bertekanan, maka fluida hanya dapat mengalir dari A ke B karena saluran B tertutup oleh bola. Namun ketika fluida bertekanan mengalir ke pilot control (X), maka tekanan fluida akan mendorong piston yang mengakibatkan bola tertekan, sehingga fluida hidrolik dapat mengalir dari B ke A.



Flow blocked from B to A



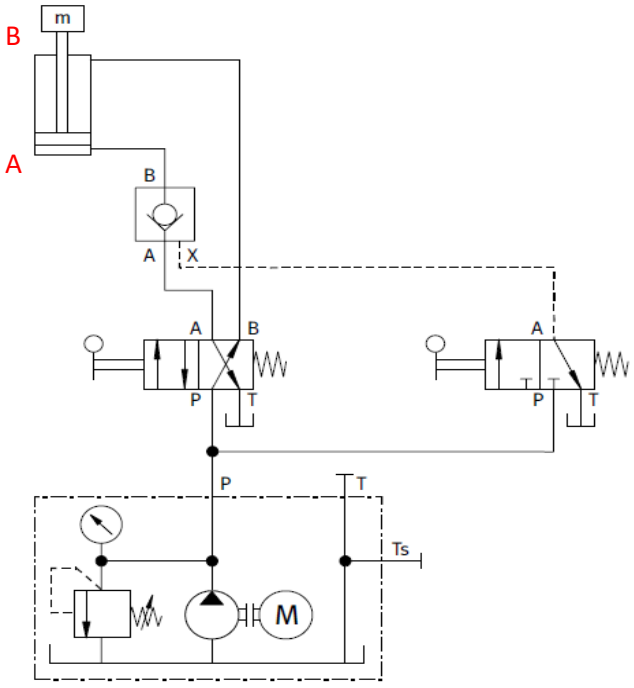
Flow from A to B



Flow from B to A

Gambar 70. Konstruksi piloted non-return valve

Pemahaman mengenai fungsi piloted non-return valve dapat diperjelas dengan melihat cara kerjanya di dalam diagram sistem hidrolik di bawah ini:

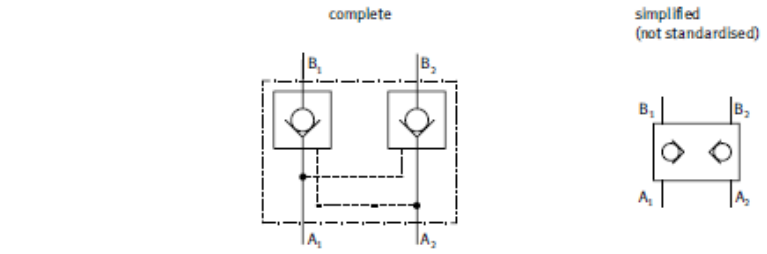


Gambar 71. Cara kerja piloted non-return valve

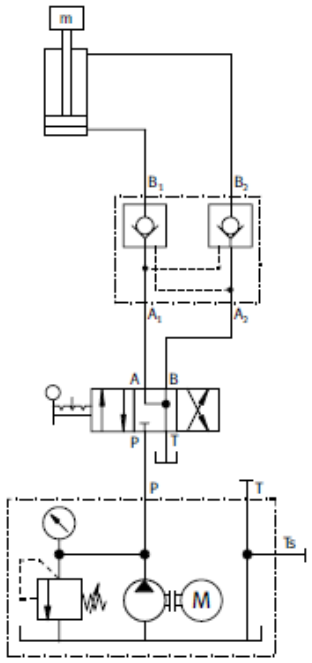
Pada posisi normal, katup kontrol arah 3/2 menahan aliran fluida hidrolik dan katup kontrol arah 4/2 mengalirkan fluida hidrolik menuju saluran B di silinder. Meskipun piston tertekan oleh fluida hidrolik, piston tidak akan bergerak mundur karena aliran fluida tertahan oleh piloted non-return valve. Ketika katup 3/2 diaktuasikan, fluida hidrolik mengalir menuju saluran X dan menekan bola, sehingga saluran pada katup piloted non-return valve terbuka. Pada kondisi tersebut, piston dapat bergerak mundur karena saluran pada piloted non-return valve telah terbuka dan dapat mengalirkan fluida hidrolik dari silinder menuju tangki melalui katup kontrol arah 4/2.

4.4.3 Pilot double non-return valve

Pada pilot double non-return valve, dua buah pilot non return valve bekerja sama dalam membuka komponen penutupnya. Dalam katup ini terdapat piston yang berfungsi untuk menutup dan membuka saluran dengan menekan komponen penutupnya. Penggunaan katup ini memungkinkan piston menahan beban dalam kondisi diam. Adapun simbol dan contoh diagram sistem hidrolik pilot double non-return valve dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Piloted double non-return valve, symbol



Gambar 72. contoh diagram sistem hidrolik pilot double non-return valve

Prinsip kerja dari pilot double non return valve dapat dijelaskan oleh Gambar 72. Ketika saluran A1 dan A2 tidak terdapat aliran fluida, maka piston menutup saluran B1 dan B2. Ketika terdapat aliran fluida di saluran A1, piston akan terdorong ke kanan dan menekan komponen penutupnya, sehingga fluida dapat mengalir dari A1 ke B1 dan B2 ke A2. Begitupun sebaliknya, Ketika ada aliran fluida di saluran A2, maka piston akan terdorong ke kiri dan menekan komponen penutupnya, sehingga fluida dapat mengalir dari A2 ke B2 dan B1 ke A1.

BAB V
AKTUATOR HIDROLIK

Tujuan Pembelajaran Umum

1. Memberikan penjelasan macam-macam aktuator hidrolik yang berfungsi merubah kembali daya fluida menjadi daya mekanik serta cara perhitungan dan pemilihannya

Tujuan Pembelajaran Khusus

1. Menjelaskan macam-macam dan konstruksi aktuator hidrolik gerakan linear (silinder hidrolik) serta cara perhitungan dan pemilihannya.
2. Menjelaskan macam-macam aktuator hidrolik gerak rotasi (motor hidrolik) serta cara perhitungan dan pemilihannya.

5.1 Silinder Hidrolik

Silinder hidrolik merupakan aktuator linear yang mengubah energi fluida berupa aliran dan tekanan menjadi energi mekanik berupa gerakan linear. Gerakan linear tersebut memiliki berbagai aplikasi yang sangat luas, d i antaranya adalah sebagai berikut:

- Peralatan mesin, contoh: gerakan pemakanan, pencekaman dan mesin pres.
- Mobile equipment, contoh: excavators, power loader, tractor, fork-lift truck, dan tipper vehicle.
- Pesawat terbang, contoh: lifting, tilting, wing flaps, dan sebagainya.
- Kapal laut, contoh: rudder movement, adjusment of propeller.

Pada dasarnya, silinder hidrolik dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda.

5.1.1 Silinder Kerja Tunggal

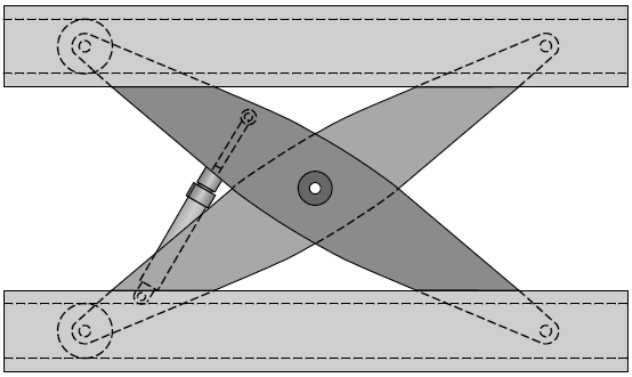
Pada silinder kerja tunggal, energi dari fluida hidrolik hanya diberikan ke satu sisi silinder, sehingga aktuator ini hanya dapat memberikan daya mekanik ke satu arah saja. Berdasarkan posisi pemasangannya, siilnder kerja tunggal dapat dikelompokan menjadi sebagai berikut:

1. Pemasangan vertikal

   Pada pemasangan vertikal, gerakan balik piston disebabkan oleh beban dari luar silinder, contoh: dongkrak hidrolik.

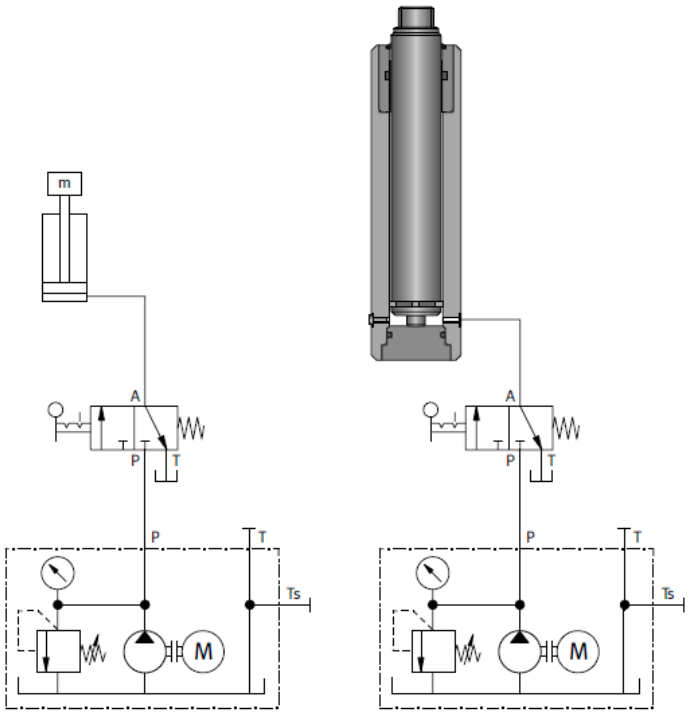
2. Pemasangan horisontal

   Pada pemasangan horisontal, pegas digunakan untuk menggerakan piston ke posisi normalnya.



Gambar 73. Scissor lifting table

Cara kerja dari silinder kerja tunggal dapat dijelaskan dengan melihat diagram sistem hidrolik di bawah ini:



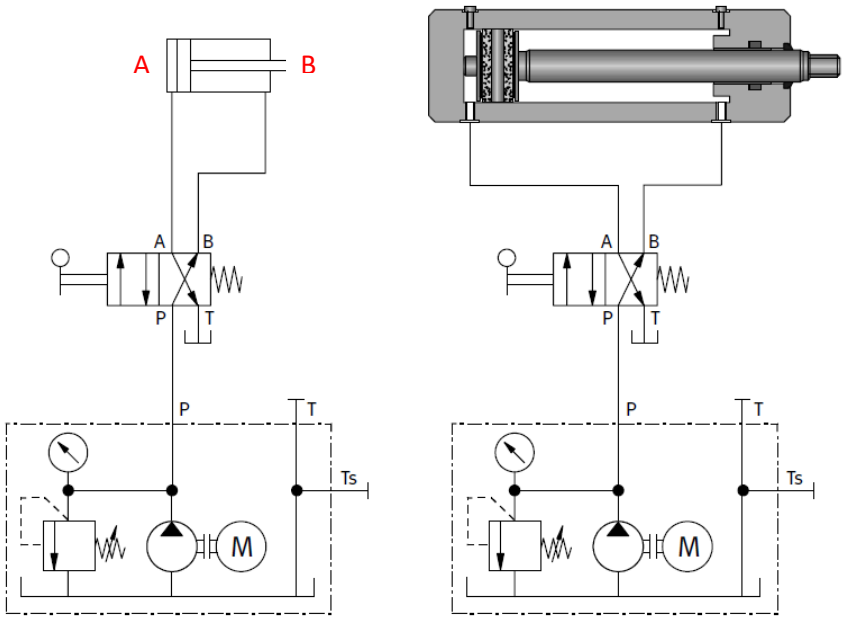
Gambar 74. Cara kerja silinder kerja tunggal

Ketika katup kontrol arah berada dalam posisi ON, maka fluida hidrolik bertekanan mengalir masuk ke dalam silinder. Tekanan tersebut akan bekerja pada luasan piston dan menyebabkan piston bergerak ke titik mati atasnya. Ketika katup kontrol arah kembali ke posisi normalnya, maka beban dari luar atau pegas akan menyebabkan piston bergerak ke titik mati bawahnya dan

mendorong fluida yang sudah tidak bertekanan mengalir menuju tangki melalui katup kontrol arah.

5.1.2 Silinder Kerja Ganda

Pada silinder kerja ganda, fluida hidrolik bertekanan dialirkan ke dua sisi silinder, sehingga dapat menghasilkan daya mekanik ke dua arah. Adapun cara kerja aktuator ini dapat dijelaskan oleh diagram sistem hidrolik berikut ini:

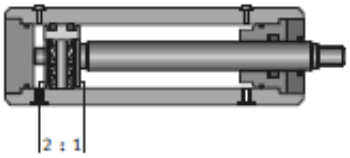
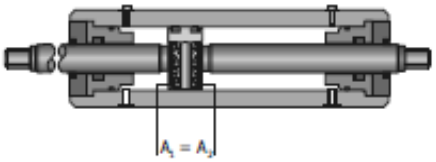
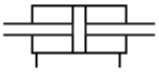
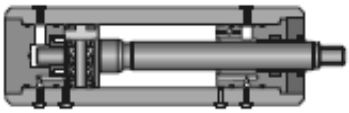
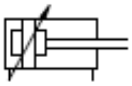
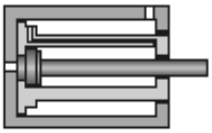
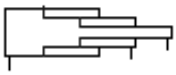
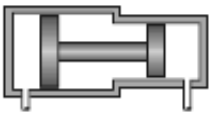
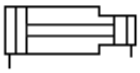
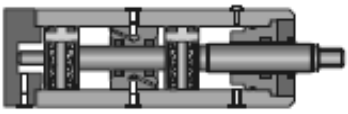


Gambar 75. Cara kerja silinder kerja ganda

Perlu diketahui, pada *double acting cylinder with a single-sided piston rod*, terjadi perbedaaan gaya di antara dua sisi piston akibat tekanan yang dihasilkan oleh fluida hidrolik bekerja pada luasan piston yang berbeda. Luasan piston A lebih besar dari pada luasan piston B, sehingga menyebabkan kecepatan maju lebih rendah dari pada kecepatan mundur. Hal ini dapat dijelaskan oleh hukum kontinuitas berikut ini:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Silinder kerja ganda memiliki berbagai konstruksi yang perlu untuk diketahui, di antaranya adalah sebagai berikut:

Designation	Description		Symbol
Differential cylinder	Area ratio 2:1 (piston surface: annular piston surface) piston return stroke twice as fast as advance stroke.		
Synchronous cylinder	Pressurised area of equal size. Advance and return speeds identical.		
Cylinder with end-position cushioning	To moderate the speed in the case of large masses and prevent a hard impact.		
Telescopic cylinder	Longer strokes		
Pressure intensifier	Increases pressure		
Tandem cylinder	When large forces are required and only small cylinder dimensions are possible.		

Gambar 76. Jenis silinder kerja ganda

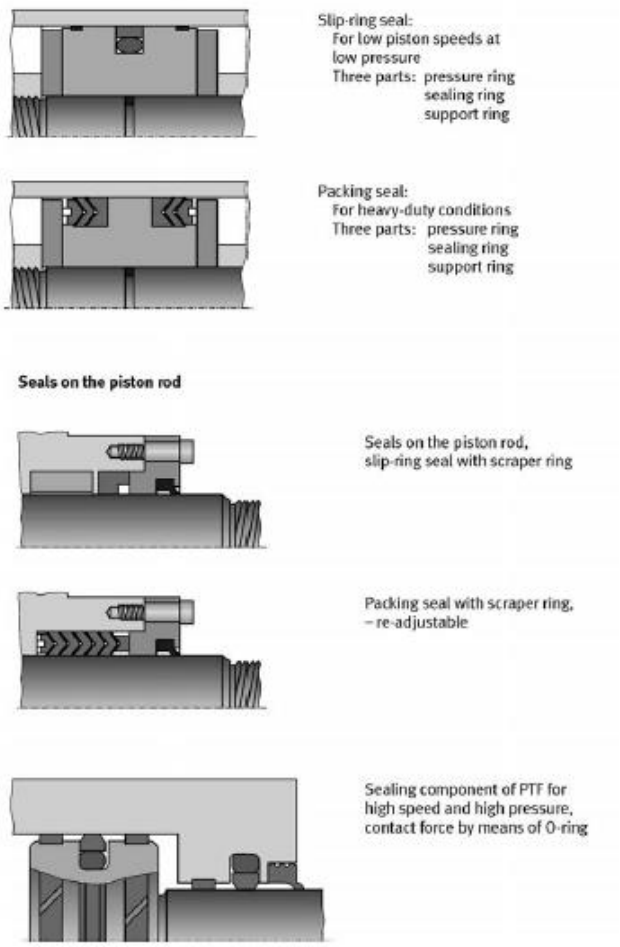
5.1.3 Seal

Seal merupakan komponen yang tidak terpisahkan dari silinder hidrolik. Seal dibutuhkan untuk menghindari kebocoran fluida hidrolik karena kebocoran fluida hidrolik dapat menurunkan tekanan yang mengakibatkan penurunan efisiensi sistem.

Berdasarkan penggunaannya, seal dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu: seal statik dan seal dinamik. Seal statik digunakan untuk menghindari kebocoran dari komponen yang tidak bergerak, contoh: O-ring untuk rumah

silinder, sedangkan seal dinamik digunakan untuk menghindari kebocoran dari komponen yang bergerak, contoh: piston and piston rod seal.

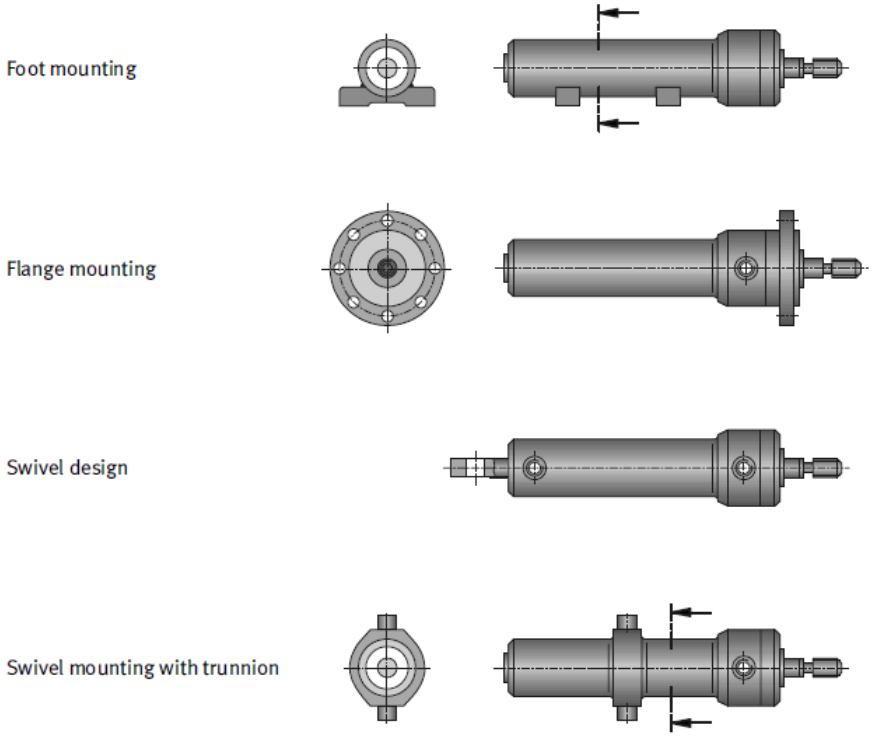
Pemilihan seal harus disesuaikan dengan kebutuhan operasinya karena seal memiliki fungsi yang vital. Kesalahan pemilihan seal dapat menyebabkan penurunan efisiensi dari sistem dan pencemaran fluida hidrolik ke lingkungan. Adapun gambar di bawah ini memperlihatkan berbagai jenis seal silinder menurut kebutuhan operasinya:



Gambar 77. Cylinder seal

5.1.4 Pemasangan Silinder

Pemasangan silinder dapat dilakukan dengan berbagai cara dan disesuaikan dengan kebutuhan perancangannya. Adapun berbagai macam cara pemasangan silinder hidrolik ditunjukan oleh gambar berikut ini:



Gambar 78. Macam-macam pemasangan silinder

5.1.5 Perhitungan Silinder

Perhitungan diameter piston bergantung kepada gaya dan tekanan yang dibutuhkan. Selain itu, perhitungan juga harus mempertimbangan berbagai efisiensi yang terjadi selama silinder beroperasi, seperti: efisiensi mekanik dan efisiensi hidrolis. Efisiensi mekanik berhubungan dengan kekasaran permukaan silinder dan piston, sedangkan efisiensi hidrolik berhubungan dengan fungsi seal. Harga kedua efisiensi tersebut dapat diasumsikan sekitar 0.85 - 0.95. Adapun persamaan untuk memperoleh diameter piston adalah sebagai berikut:

$$F = P \cdot A \cdot \eta_{hm}$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{F}{P \cdot \eta_{hm} \cdot \pi}$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{P \cdot \eta_{hm} \cdot \pi}}$$

Standar DIN 24334 dan DIN ISO 3320/3322 telah menetapkan harga diameter silinder, diameter batang piston, dan nominal tekanannya. Standar tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Tabel 3. Internal diameter of cylinder

Internal diameter of the cylinder												
	12	16	20		25		32		40	50	63	80
100	125	160	200	220	250	280	320	360	400			

Piston rod diameter																			
8	10		12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	63	70	80	90
	100	110	112	140	160	180	200	220	250	280	320	360							

Nominal pressures										
25	40	63	100	160	200	250	315	400	500	630

Tabel 4. Table for the area ratio φ

Table for the area ratio φ										
Nominal value φ	d_p	25	32	40	50	60	63	80	100	125
	$A_p cm^2$	4.91	8.04	12.60	19.60	28.30	31.20	50.30	78.50	123
1.25	d_{ST}	12	14	18	22	25	28	36	45	56
	$A_{PR} cm^2$	3.78	6.50	10.00	15.80	23.40	25.00	40.10	62.20	98.10
	φ Actual value	1.30	1.24	1.25	1.24	1.21	1.25	1.25	1.26	1.25
1.4	d_{ST}	14	18	22	28	32	36	45	56	70
	$A_{PR} cm^2$	3.37	5.50	8.77	13.50	20.20	21	34.40	54	84.20
	φ Actual value	1.46	1.46	1.44	1.45	1.39	1.49	1.46	1.45	1.46
1.6	d_{ST}	16	20	25	32	36	40	50	63	80
	$A_{PR} cm^2$	2.90	4.90	7.66	11.60	18.20	18.60	30.60	47.70	72.40
	φ Actual value	1.69	1.64	1.64	1.69	1.55	1.68	1.64	1.66	1.69
2	d_{ST}	18	22	28	36	40	45	56	70	90
	$A_{PR} cm^2$	2.36	4.24	6.41	9.46	15.70	15.30	25.60	40.00	59.10
	φ Actual value	2.08	1.90	1.96	2.08	1.80	2.04	1.96	1.96	2.08
2.5	d_{ST}	20	25	32	40	45	50	63	80	100
	$A_{PR} cm^2$	1.77	3.13	4.52	7.07	12.30	11.50	19.10	28.40	44.20
	φ Actual value	2.78	2.57	2.78	2.78	2.30	2.70	2.64	2.78	2.78
5	d_{ST}	–	–	–	45	55	56	70	90	110
	$A_{PR} cm^2$	–	–	–	3.73	4.54	6.54	11.80	14.90	27.70
	φ Actual value	–	–	–	5.26	6.20	4.77	4.27	5.26	4.43

Pada Tabel 4 diperkenalkan mengenai hubungan antara aea ratio dengan diameter silinder. Area ratio (φ) adalah suatu besaran yang mengikuti persamaan di bawah ini:

$$\varphi = \frac{A_K}{A_p - A_K}$$

φ : Area ratio

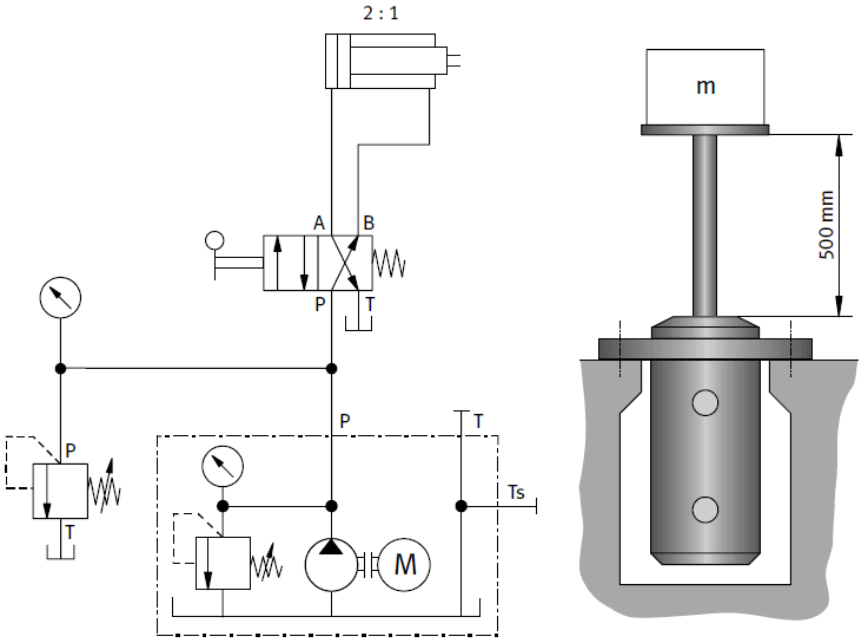
Ap : Luas silinder

Ast : Luas batang piston

Selain diameter silinder dan batang piston, harga panjang langkah pun harus diketahui. Dalam menghitung panjang langkah harus dipertimbagkan mengenai hubungan antara beban dan lendutan yang terjadi. Euler menyatakan bahwa lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi batas yang diijinkan agar material tidak mengalami deformasi permanen.

Contoh soal:

Sebuah alat pengangkat memiliki silinder dengan area ratio 2:1 dan panjang langkah 500 mm. Alat ini digunakan untuk mengangkat beban sebesar 40 kN selama 5 detik dengan tekanan maksimum pompa 160 bar. Hitunglah diameter piston, diameter batang piston, panjang langkah maksimum, kecepatan langkah maju, kecepatan langkah mundur, dan debit pompa yang dibutuhkan, jika diketahui efisiensi silinder 0.95, rugi tekanan di pipa 5 bar, rugi tekanan di katup kontrol arah 5 bar dan tekanan balik 6 bar.



Gambar 79. Lifting device

a. Perhitungan diameter piston (dp)

Tekanan sistem	160 bar
Rugi di pipa	5 bar
Rugi di katup	3 bar
Tekanan balik ketika φ= 2:1	$\frac{6\ bar}{2\ bar} = 3\ bar$
Tekanan di silinder	160-11=149 bar=1490 N/cm2

$$F = P \cdot A_p \cdot \eta_{hm}$$

$$A_p = \frac{F}{P \cdot \eta_{hm}} = \frac{40000}{1490 \cdot 0{,}95} = 28{,}3\ cm^3$$

$$A_p = \frac{d_p^2 \cdot \pi}{4}$$

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 28.3}{\pi}} = \sqrt{36} = 6\ cm = 60\ mm$$

Berdasarkan Tabel 4 dengan parameter φ= 2:1, diameter piston yang dipilih adalah **dp = 63 mm** dan diameter batang piston adalah **dst = 45 mm**.

Berdasarkan buckling resistance diagram dengan parameter beban 40 kN dan diameter batang piston 45 mm, diperoleh pnjang langkah maksimum adalah **1440 mm**.

b. Kecepatan langkah maju (v)

Diketahui: t = 5 detik dan panjang langkah 500 mm, maka:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0.5\ m}{5\ detik} = 0.1\frac{m}{detik} = 6\frac{m}{min}$$

c. Debit pompa yang dibutuhkan (Qp)

Diketahui:

A_K = 31.2 cm^2 = 0.321 dm^2

V = 6 m/min = 60 dm/min

Maka: $Q_p = A_k \cdot v = 0.312 \cdot 60 = 18{,}7\frac{dm^3}{min}$

d. Kecepatan langkah mundur (vr)

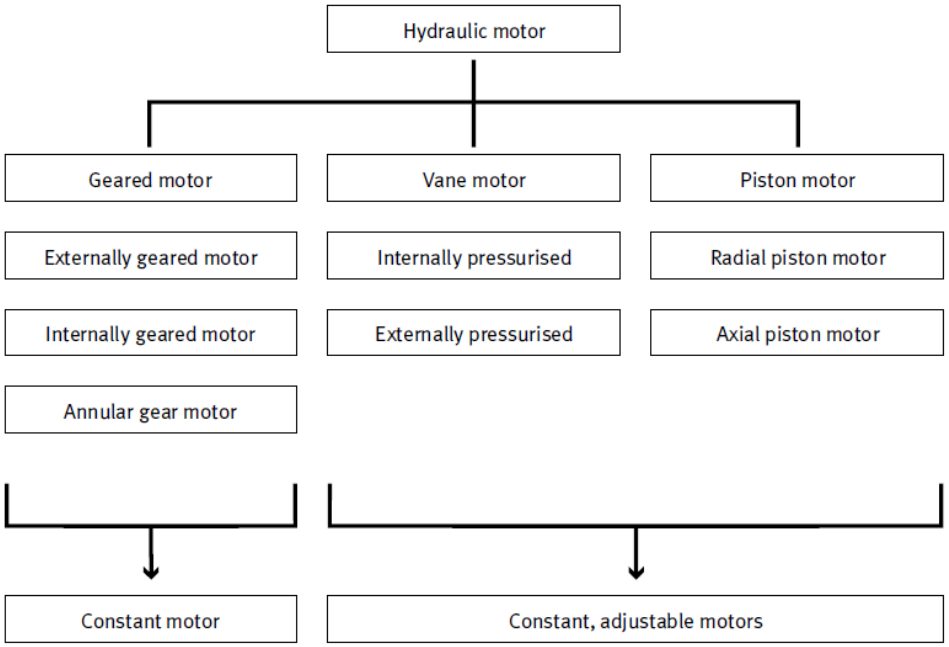
Diketahui dari Tabel 4 dengan parameter φ = 2:1dan d_{st} = 45 mm, bahwa A_{PR} = 15,3 cm^2 = 0.153 dm^2.

$$Q = A_{PR} \cdot v$$

$$v = \frac{Q}{A_{PR}} = \frac{18{,}7}{0.153} = 122\frac{dm}{min} = 12.2\frac{dm}{min} = 12{,}2\frac{m}{min}$$

5.2 Motor Hidrolik

Motor hidrolik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi fluida berupa aliran dan tekanan menjadi energi mekanik berupa putaran. Motor hidrolik memiliki karakteristik yang sama dengan pompa hidrolik. Oleh karena itu, pengklasifikasian motor hidrolik hampir sama dengan pompa hidrolik, yaitu sebagai berikut:



Gambar 80. Klasifikasi motor hidrolik

Pada motor hidrolik, kecepatan putar motor dapat mempengaruhi kapasitas yang dihasilkannya. Hubungan antara kapasitas dan kecepatan putar telah dirancang oleh pabrik untuk memperoleh operasi motor yang ekonomis. Persamaan di bawah ini digunakan untuk menghitung laju aliran yang dibutuhkan motor hidrolik berdasarkan kapasitas dan kecepatan putar yang diinginkan.

$$P = \frac{M}{V}$$

$$Q = n \cdot V$$

P : Tekanan (Pa)

M : Torsi (Nm)

V : Kapasitas (m^3)

Q : Laju aliran (m^3/min)

N : Kecepatan (r.p.m)

Contoh:

Sebuah motor hidrolik dengan kapasitas (V) 10 cm^3 beroperasi pada kecepatan (n) 600 r.p.m. Berapakah laju aliran (Q) yang dibutuhkan oleh motor?

$$Q = \frac{10cm^3 \cdot 600}{menit} = 6000\frac{cm^3}{menit} = 6\frac{liter}{menit}$$

Oleh karena itu, pompa harus memberikan laju aliran sebesar 6 liter/menit agar motor dapat berputar dengan kecepatan 600 r.p.m.

Contoh:

Sebuah motor hidrolik memiliki kapasitas (V) 12,9 cm^3. Kemudian pompa memberikan laju aliran sebesar 15 l/menit dan menghasilkan torsi (M) sebesar 1 Nm. Berapakan kecepatan putar dan daya yang dihasilkan oleh motor hidrolik? Kemuudian hitunglah torsi yang dihasilkan jika motor dihentikan secara tiba-tiba dan menghasilkan tekanan 140 bar.

Jawab :

a. Kecepatan putar motor hidrolik

$$Q = n \cdot V$$

$$n = \frac{Q}{V} = \frac{15\ dm^3 menit^{-1}}{12{,}9\ cm^3} = 1163\ r.p.m$$

b. Daya motor hidrolik

Diketahui $P_{maksimum}$ adalah 140 bar, maka

$$Daya = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1163\ \cdot 1}{60} = 122\ watt$$

c. Torsi maksimum

$$P = \frac{M}{V}$$

$$M = P \cdot V = 140 \cdot 10^5 Pa \cdot 12{,}9 \cdot 10^{-6} m^3 = 180{,}6\ Nm$$

BAB VI
FLUIDA DAN AKSESORIS HIDROLIK

Tujuan Pembelajaran Umum

1. Menjelaskan tentang fuida hidrolik dan aksesoris sistem hidrolik

Tujuan Pembelajaran Khusus

1. Memberikan penjelasan tentang macam-macam dan standar fluida hidrolik
2. Memberikan penjelasan mengenai macam-macam pipa atau selang hidrolik dan connector serta cara instalasinya
3. Memberikan penjelasan tentang fungsi dan cara kerja bleed valve

6.1 Fluida Hidrolik

Pada dasarnya, semua fluida dapat digunakan untuk memindahkan energi tekanan. Namun sistem hidrolik membutuhkan fluida dengan karakteristik tertentu agar diperoleh efisiensi yang tinggi, keamanan operasi dan melindungi komponen hidrolik, serta sesuai dengan kebutuhan sistem hidrolik. Sebagai contoh, air tidak digunakan sebagai fluida hidrolik karena memiliki karakteristik yang kurang menguntungkan, seperti: menyebabkan korosi, titik didih dan titik beku yang rendah, serta rendahnya viskositas.

Mayoritas fluida hidrolik terbuat dari proses penyulingan minyak mineral yang berasal dari bahan tambang. Fluida hidrolik ini dikenal dengan nama oli hidrolik. Oli hidrolik memiliki karakteristik yang memenuhi kebutuhan sistem hidrolik, sehingga pemakaiannya sangat luas.

6.1.1 Fungsi Fluida Hidrolik

Sistem hidrolik membutuhkan fluida hidrolik yang mampu melakukan fungsi-fungsi berikut ini:

a. Pemindah tekanan
b. Pelumasan
c. Pendingin
d. Peredam getaran
e. Pencegah korosi
f. Scuff removal
g. Signal transmission

6.1.2 Karakteristik Fluida Hidrolik

Sistem hidrolik membutuhkan fluida hidrolik yang memiliki karakteristik tertentu agar dapat memenuhi fungsinya dengan baik. Karakteristik yang paling penting dari sistem hidrolik adalah viskositasnya. Adapun karakteristik lain dari fluida hidrolik adalah sebagai berikut:

a. lowest possible density,

b. minimal compressibility,

c. viscosity not too low (lubricating film),

d. good viscosity-temperature characteristics,

e. good viscosity-pressure characteristics,

f. *good ageing stability,*

g. low flammability,

h. *good material compatibility.*

Selain karakteristik di atas, fluida hidrolik juga seharusnya memenuhi karakteristik-karakteristik di bawah ini:

a. *air release*;

b. *non fronthing*;

c. *resistance to cold*;

d. *wear and corrosion protection*;

e. *water separable*.

6.1.3 Tipe Fluida Hidrolik

Berdasarkan karakteristik dan komposisinya, DIN 51524 dan DIN 51525 mengklasifikasikan fluida hidrolik ke dalam tiga kelompok, yaitu:

- Fluida hidrolik HL
- Fluida hidrolik HLP
- Fluida hidrolik HV

Tabel 5. Karakteristik fluida hidrolik

Designation	Special characteristics	Areas of application
HL	Increased corrosion protection and ageing stability	Systems in which high thermal demands are made or corrosion through immersion in water is possible.
HLP	Increased wearing protection	Like HL oil, also for use in systems where variable high friction occurs owing to design or operating factors.
HV	Improved viscosity-temperature characteristics	Like HLP oil, for use in widely fluctuating and low ambient temperatures.

Ketiga kelompok fluida hidrolik di atas memiliki kode dengan arti tertentu, dimana huruf H menunjukan fluida hidrolik dan huruf berikutnya menunjukan bahan tambah. Selanjutnya angka di belakang kode menunjukan kode viskositas. Sebagai contoh, fluida hidrolik dengan kode HLP 68 memiliki arti:

H : fluida hidrolik

L : *corrosion protection dan ageing stability additives*

P : reduce and/or increase load carrying ability additives

68 : kode viskositas berdasarkan DIN 51517

Sifat mampu terbakar yang rendah dari fluida hidrolik diperoleh dengan menambahkan bahan sintetik ke dalam fluida hidrolik. Bahan sintetik tersebut merupakan bahan kimia yang membuat uap fluida hidrolik tidak mudah terbakar. Berdasarkan kandungan airnya, bahan sintetik tersebut dibedakan menjadi dua, yaitu *hydrous synthetic hydraulic fluids* dan *anhydrous synthetic hydraulic fluids*. Adapun tabel di bawah ini menjelaskan kode berdasarkan VDMA standard sheets 24317 dan 24320 mengenai hubungan fluida hidrolik dengan komposisi bahan tambah sintetik dan kandungan airnya.

Tabel 6. Fluida hidrolik dengan sifat mampu bakar yang rendah

Abbreviated code	VDMA standard sheet no.	Composition	Water content in %
HFA	24 320	Oil-water emulsions	80 – 98
HFB	24 317	Water-oil emulsions	40
HFC	24 317	Hydrous solutions, e.g. water-glycol	35 – 55
HFD	24 317	Anhydrous liquid, e.g. phosphate ether	0 – 0.1

6.1.4 Viskositas

Viskositas adalah ukuran ketahanan fluida terhadap gaya gesernya. Viskositas merupakan sifat yang paling penting dari fluida hidrolik karena viskositas akan mempengaruhi kemampuan untuk mengalir dan melumasi bagian-bagian yang bergesekan. Nilai viskositas yang rendah menyatakan bahwa fluida tersebut dapat mengalir dengan mudah, encer, lapisan pelumasan yang tipis dan tidak tahan beban. Sedangkan nilai viskositas yang tinggi menyatakan bahwa fluida tersebut tidak mudah mengalir, kental, lapisan pelumasan yang tebal, dan tahan beban.

Viskositas fluida hidrolik memiliki dua jenis, yaitu: viskositas dinamik dan viskositas kinematik.

- Viskositas dinamik (η) merupakan perbandingan antara tegangan geser yang terjadi dengan rata-rata penggeserannya. Viskositas ini disebut juga dengan nama viskositas mutlak. Viskositas dinamik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:
- $\eta = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}}$
- η : Viskositas dinamik/mutlak (N det/m^2)
- τ : Tegangan geser (N/m^2)
- du : Perubahan kecepatan (m/det)
- dy : Tebal lapisan (m)
- Viskositas kinematik (v) merupakan perbandingan antara viskositas dinamik dengan masa jenisnya.
- $v = \frac{\eta}{\rho}$
- V : Viskositas kinematik (m^2/det) (1 cSt = 1 mm^2/s)(cSt: centi Stoke)
- ρ : Masa jenis (kg/m^3)

Salah satu metoda yang penting untuk mengindentifikasikan fluida hidrolik adalah berdasarkan viskositasnya. Standar ISO dan DIN 51524 menjelaskan mengenai kelas viskositas dan harga viskositas kinematik fluida hidrolik pada temperatur 40˚C. Adapun tabel berikut ini memperlihatkan beberapa kelas viskositas menurut standar ISO.

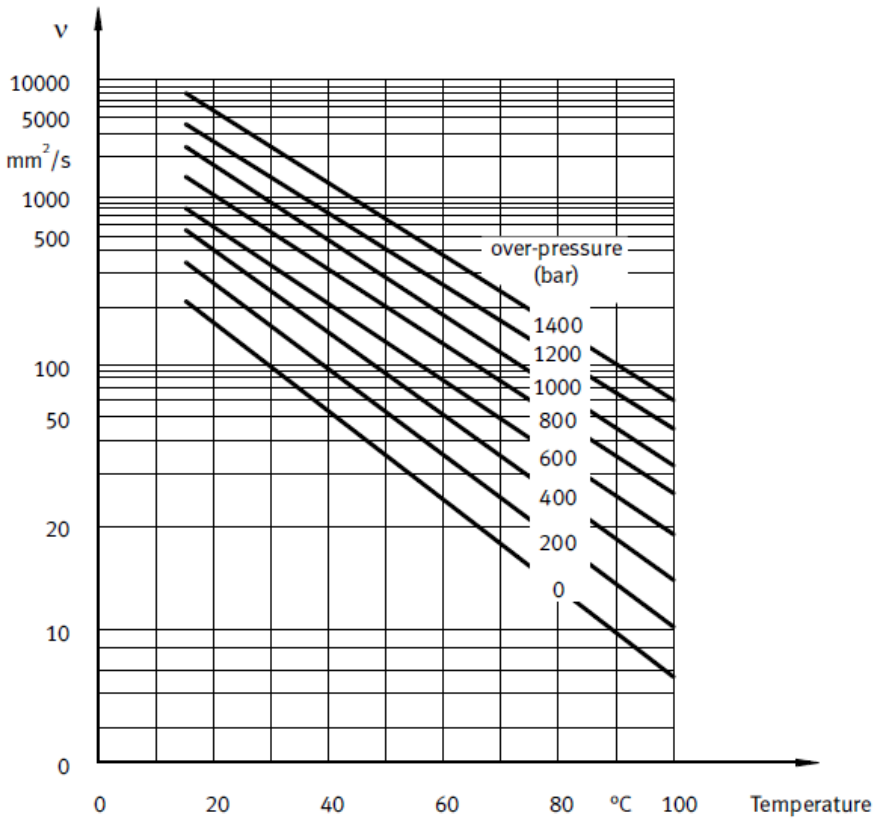
Tabel 7. kelas viskositas menurut standar ISO

ISO viscosity classes	kinematic viscosity (mm²/s) at 40 °C	
	max.	min.
ISO VG 10	9.0	11.0
ISO VG 22	19.8	24.2
ISO VG 32	28.8	35.2
ISO VG 46	41.4	50.6
ISO VG 68	61.2	74.8
ISO VG 100	90.0	110.0

Selain standar ISO dan DIN, pada tahun 1912 mulai menstandarkan dan mengklasifikasi fluida hidrolik menjadi SAE 20, SAE 30, SAE 40, SAE 50, dan lain sebagainya. Klasifikasi ini berdasarkan viskositas kinematik pada temperatur 40˚C. Sebagai contoh, fluida hidrolik SAE 30 memiliki viskositas kinematik 30˚C cSt pada temperatur 40˚C. (Perlu diketahui bahwa fluida hidrolik dengan klasifikasi ini disebut dengan monograde, yaitu memiliki viskositas tunggal, dimana hanya dapat digunakan untuk range temperatur yang rendah atau memiliki indeks viskositas yang kecil).

6.1.5 Indeks Viskositas

Indeks viskositas adalah suatu besaran yang menunjukan pengaruh temperatur terhadap viskositas. Penjelasan mengenai besaran ini terdapat pada DIN ISO 2909. Semakin besar indeks viskositas dari fluida hidrolik, maka pengaruh temperatur terhadap perubahan viskositas rendah, sehingga fluida hidrolik dapat digunakan pada range temperatur yang besar. Sebaliknya, semakin rendah indeks viskositas dari fluida hidrolik, maka pengaruh temperatur terhadap perubahan viskositas tinggi. Adapun hubungan antara temperatur dan viskositas dapat dilihat pada diagram berikut ini:



Gambar 81. Hubungan antara temperatur dan viskositas

6.2 Aksesoris Hidrolik

Selain komponen sistem hidrolik yang telah dijelaskan di bagian sebelumnya, sistem hidrolik membutuhkan peralatan aksesoris yang berfungsi sebagai pemindah energi hidrolik, penyambungan dan pemasangan komponen, serta pengukuran. Adapun aksesoris sistem hidrolik tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Flexible hoses*;
b. *Quick-release couplings*;
c. *Pipes*;
d. *Screw fittings*;
e. *Sub-bases*;
f. *Air bleed valves*;
g. *Pressure gauges*;
h. *Flow gauges*.

Seperti yang telah diketahui, aliran fluida hidrolik di dalam pipa dan sambungan dapat menyebabkan kehilangan tekanan di sepanjang saluran, sehingga mempengaruhi harga efisiensi sistem. Kehilangan tersebut dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran dari fluida hidrolik dan dimensi saluran. Oleh karena itu, kecepatan fluida hidrolik di dalam saluran harus mengikuti persyaratan di bawah ini:

- Pressure lines up to 50 bar operating pressure: 4.0 m/s
- Pressure lines up to 100 bar operating pressure: 4.5 m/s
- Pressure lines up to 150 bar operating pressure: 5.0 m/s
- Pressure lines up to 200 bar operating pressure: 5.5 m/s
- Pressure lines up to 300 bar operating pressure: 6.0 m/s
- Suction lines: 1.5 m/s
- Return lines: 2.0 m/s

Diameter saluran sistem hidrolik juga harus dihitung agar kehilangan tekanan yang terjadi tidak terlalau besar. Adapun persamaan untuk memperoleh diameter saluran tersebut adalah sebagai berikut:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{Q}{v}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Contoh:

Diketahui: Q = 4.2 dm3/min = 4.2 liter/min

Pressure line to 50 bar

v = 4/s

Ditanyakan : d?

Jawab:

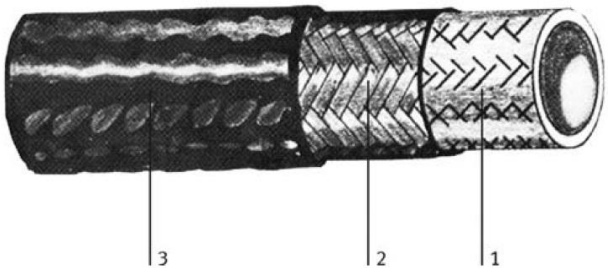
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4{,}2 \cdot 10^{-3}\ \frac{m^3}{s}}{\pi \cdot 4 \cdot 60\ \frac{m}{s}}} = 4{,}7\ mm$$

6.2.1 Flexible Hoses

Pada umumnya, sistem hidrolik yang berpindah-pindah menggunakan flexible hoses sebagai saluran untuk fluida hidroliknya. Flexible hoses juga digunakan untuk sistem hidrolik yang memiliki tempat terbatas, sehingga tidak memungkinkannya pemasangan saluran pipa. Selain itu, penggunaan flexibel hoses juga disebabkan oleh kemampuannya untuk mengatasi kebisingan dan getaran

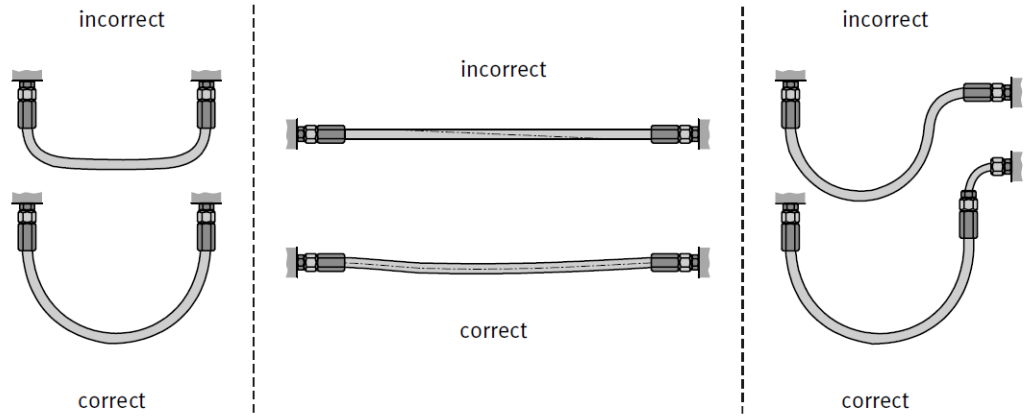
Konstruksi flexible hoses terdiri dari tiga lapisan dengan bahan yang berbeda, seperti yang ditunjukan oleh Gambar.82. Lapisan dalam (1) merupakan lapisan yang kontak langsung dengan fluida hidrolik, sehingga umumnya terbuat dari bahan karet sintetis, teflon, polyester-elastomer, perbunan atau neoprene. Lapisan (2) merupakan lapisan yang berupa anyaman kawat baja, polyester atau

rayon. Lapisan ini dapat terdiri dari beberapa lapisan tergantung dari tekanan operasi sistem hidrolik. Kemudian lapisan atas terbuat dari bahan wear-resistant rubber, polyester, polyurethane, atau elastomer.



Gambar 82. Konstruksi flexible hoses

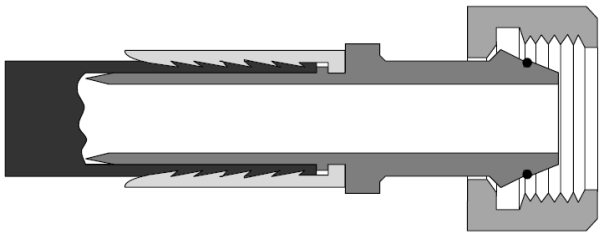
Pada saat instalasinya, panjang flexible hoses tidak boleh terlalu pendek agar flexible hoses tidak mengalami tegangan yang berlebihan. Selain itu, flexible hoses juga harus memiliki jari-jari kelengkungan (bending radius) yang relatif besar. Adapun gambar di bawah ini menunjukan aturan dasar dari pemasangan komponen ini.



Gambar 83. Aturan dasar pemasangan flexible hoses

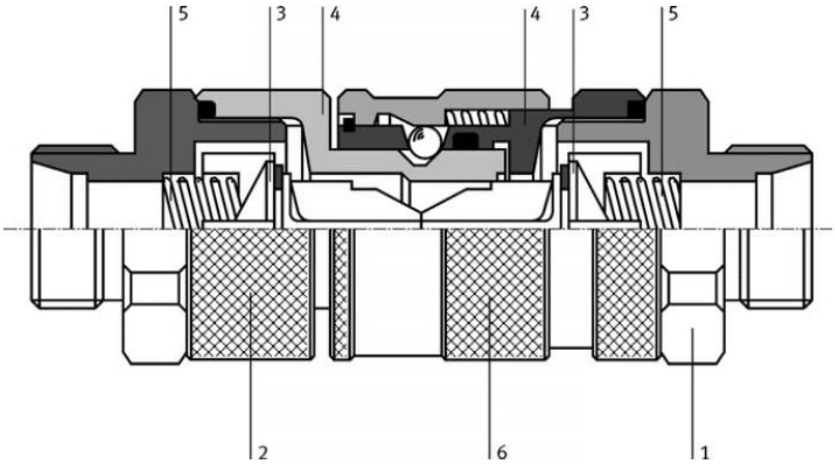
Pemilihan flexibel hoses harus mempertimbangkan berbagai aspek sesuai dengan fungsi dari sistem hidroliknya, seperti daya yang ditransmisikan fluida hidrolik, bahan kimia, temperatur, dan aspek-aspek mekanik. Salah satu aspek yang paling penting dalam pemilihan komponen ini adalah tekanan operasi dari sistem hidrolik, baik tekanan statik atau tekanan dinamik. Selain itu, pemilihan flexible hoses harus memperhitungakan tekanan yang dibangkitkan oleh operasi katup-katup hidrolik.

Penyambungan flexible hoses dengan peralatan lain dapat menggunakan suatu alat sambungan, yaitu *screw fittings* atau *quick connection couplings*. Alat sambungan flexible hoses tersebut harus tidak mempengaruhi operasi dari sistem hidrolik.



Gambar 84. Hoses connector

Quick-release coupling dapat digunakan untuk peralatan yang membutuhkan koneksi penyambungan dan pelepasan yang cepat.



Gambar 85. Quick release coupling

6.2.2 Saluran Pipa

Berdasarkan DIN 2391, saluran pipa yang digunakan untuk sistem hidrolik adalah *seamless precision steel tube*. Ketebalan saluran pipa tersebut ditentukan oleh tekanan maksimum di saluran pipa dan faktor keamanan dari tegangan kejut.

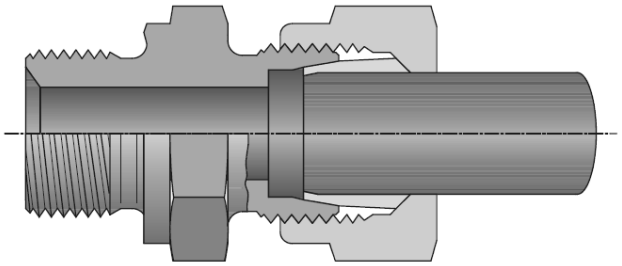
Penyambungan pipa dengan pipa dan pipa dengan peralatan membutuhkan komponen tambahan berupa sambungan pipa, yaitu *screwed pipe joints* dan sambungan flange. *Screw pipe joint* digunakan untuk pipa dengan ukuran nominal lubang maksimum 38, sedangkan flanged connections digunakan untuk pipa dengan ukuran nominal lubang 30.

DIN 3850 membedakan *screwed pipe joints* ke dalam beberapa jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Solderless fittings;
b. Compression fittings;
c. Double conical ring screwed fittings;
d. Soldered and welded screwed fittings;

e. Braze nipple type fittings;

f. Ball-type screw fittings.



Gambar 86. Screwed pipe joint

DIN 3850 juga membedakan sambungan pipa berdasarkan komponen seal dan komponen sambungannya, seperti yang ditunjukan oleh kedua tabel di bawah ini:

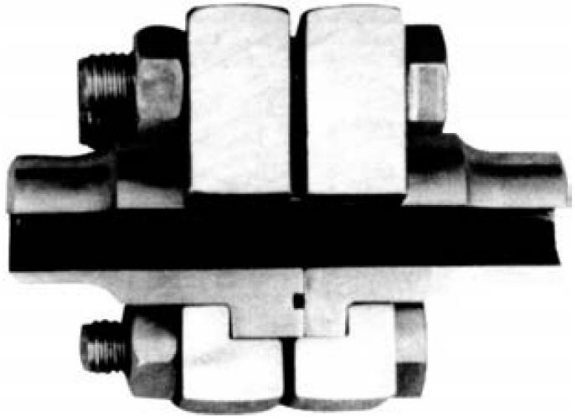
Tabel 8. Sealing component

Description	Defined in DIN
Compression ring	3816
Double conical ring	3862
Spherical-bush	3863
Flanged bushing	3864
Pressure ring	3867

Tabel 9. Connection component

Description		Defined in DIN	For sealing component
Connector nut	A B C	3870	Compression ring
			Double conical ring
			Soldered flanged bush
			Welded flanged bush
Connector nut		3872	Olive with pressure ring
Connector screw	A	3871	Compression ring
	C		Double conical ring
			Spherical bush
			Flanged bushing

Sambungan flange biasanya digunakan untuk pipa berukuran besar. Penyambungan kedua flange dapat menggunakan sambungan las atau ulir. Adapun contoh dari sambungan flange ditunjukan oleh gambar berikut ini:

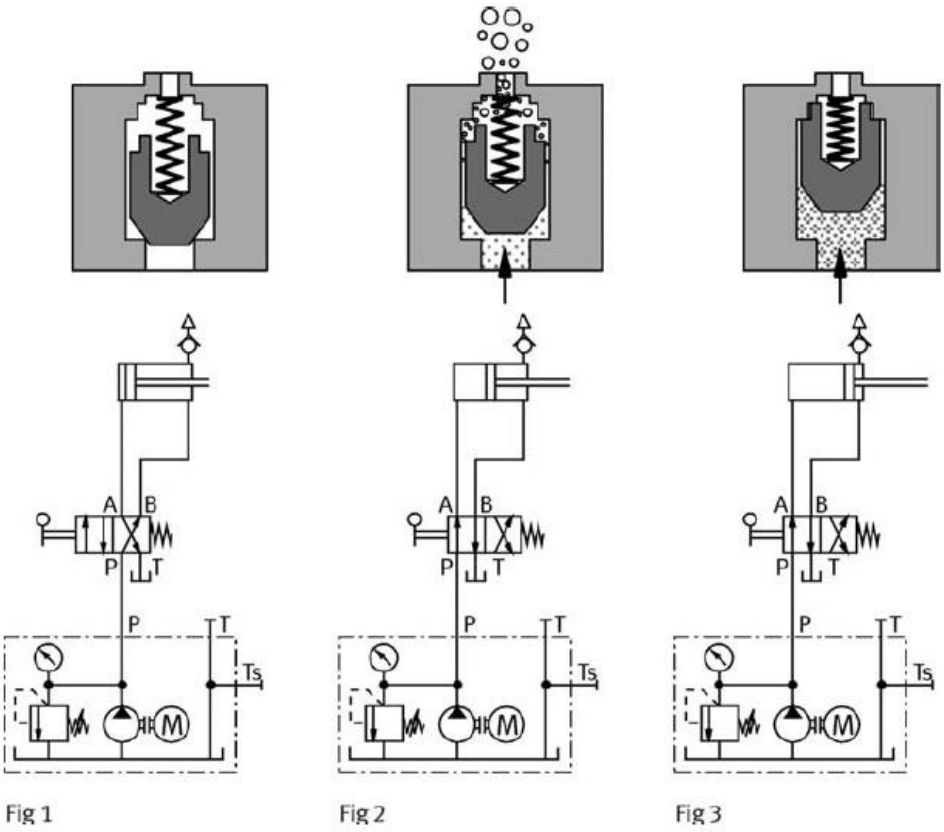


Gambar 87. Flange connection

6.2.3 Bleed Valves

Bleed valves merupakan katup yang berfungsi untuk membuang udara yang terjebak di sistem hidrolik. Komponen ini diletakan di titik tertinggi dari sistem karena udara yang terjebak terkumpul di titik tersebut. Adapun diagram pada Gambar 88 mengilustrasikan cara kerja dari automatic bleed valve.

- Gambar 1
- Ketika silinder bergerak ke titik mati bawahnya, bleed valve akan tertutup.
- Gambar 2
- Ketika silinder mulai bergerak maju, piston dari bleed valve akan terangkat, sehingga udara akan melarikan diri ke luar sistem melalui lubang ventilasi bleed valve sampai fluida hidrolik mendorong piston dari air bleed valve ke titik mati atasnya.
- Gambar 3
- Ketika silinder telah mencapai titik mati atasnya, fluida hidrolik akan menyebabkan piston bleed valve mencapai titik mati atasnya dan menutup rute aliran udara. Apabila tekanan fluida hidrolik sudah berkurang, maka piston bleed valve akan kembali ke posisi normalnya.



Gambar 88. Automatic bleed valve

6.2.4 Pressure Gauges

Ada beberapa alat ukur tekanan yang umum digunakan di sistem hidrolik, yaitu bourdon tube gauge, diaphragm pressure gauge, dan piston pressure gauge. Adapun penjelasan dari ketiga alat ukur tekanan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Bourdon tube gauge

Bourdon tube gauge merupakan tabung dengan penampang melintang yang hampir berbentuk persegi panjang atau elips, yang dibuat dari bahan seperti baja tahan karat atau perungu fosfor. Dengan tabung berbentuk C, apabila tekanan di dalam tabung bertambah, maka ujung tertutup dari C akan bergerak ke luar, sehingga pergeseran posisi ujung tertutup merupakan ukuran tekanan. Bourdon tube gauge berbentuk C dapat dibuat untuk memutar batang, dengan perantaraan roda gigi, dan menyebabkan jarum penunjuk bergerak sepanjang skala. Instrumen ini bersifat kokoh dan biasanya digunakan untuk pengukuran tekanan dalam kisaran 10 kPa hingga 100 Mpa dengan akurasi ±1% dari skala penuh.

b. Diaphragma pressure gauge

Diafragma sebagai instrument ukur tekanan adalah sekat elastik yang membatasi suatu daerah dengan tekanan berbeda. Bahan yang elastik menyebabkan diafagma akan terdorong dan mengembung ke sisi yang bertekanan rendah apabila diafragma mendapat tekanan yang berbeda antara satu sisi dengan sisi lain. Dari defleksi diafragma tersebut dapat diketahui besar kecilnya perbedaan tekanan.

c. Piston pressure gauge

Pada piston pressure gauge, fluida hidrolik menggerakan sebuah piston dan melawan tekanan pegas. Jarum skala terhubung langsung dengan piston, sehingga dapat menunjukan tekanan fluida hidrolik tersebut.

REFERENSI

Andrew Parr, Hidrolika dan Penumatika, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2003, ISBN 979 688 978 1

Festo Hydraulic Basic Level Textbook

Siswanto, B.T. 2008. *Teknik Alat Berat Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sumbodo, Wirawan. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

GBPP (Garis-garis Besar Program Pengajaran)

SAP (Satuan Acara Perkuliahan)